

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



**RELEVANCIA DEL ENTORNO URBANO EN LAS DECISIONES DE POLÍTICA  
PÚBLICA DE TRANSPORTE EN AMÉRICA LATINA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**DOCTORA EN POLÍTICAS PÚBLICAS**

PRESENTA

**JOSELYN DIONISIA DELGADO MIRANDA**

DIRECTORA DE LA TESIS: **DRA. ANA ELISA DÍAZ ALDRET**

CIUDAD DE MÉXICO

2021

COMITÉ DE TESIS DOCTORAL

Directora:

**DRA. ANA ELISA DÍAZ ALDRET**

Lectora:

**DRA. ADRIANA INÉS OLIVARES GONZÁLEZ**

Lector:

**DR. FLORIAN WENDELSPIESS CHÁVEZ JUÁREZ**

Ciudad de México 2021

## Resumen

Durante el siglo XXI la implementación de sistemas tipo Bus Rapid Transit (BRT) ha sido ampliamente promovida por organismos multilaterales como una opción de política pública innovadora y eficiente que puede ayudar a resolver los problemas de movilidad asociados al transporte público. Actualmente más de 170 ciudades, en 43 países cuentan con al menos una línea de BRT. Sin embargo, los procesos de desarrollo urbano influyen en la dinámica de movilidad y explican la relación que cada región ha establecido con el transporte público por lo cual resulta inviable que una única solución sea adecuada para todos los entornos. El presente trabajo de investigación reúne tres artículos que tienen el objetivo de analizar por qué es necesario que las políticas públicas consideren las características del entorno urbano para determinar qué tipo de transporte se adecua a las necesidades de movilidad de cada ciudad.

En el primer artículo se analiza el proceso a través del cual el modelo de *mejores prácticas* se posicionó como la principal herramienta para fomentar la transferencia de políticas públicas de movilidad y por qué omitir el contexto de implementación y la relación causal entre movilidad y estructura urbana impide una adecuada comprensión y gestión de estos problemas.

En el segundo artículo se analiza, a nivel teórico, las variables del entorno urbano que mayor influencia tienen en la dinámica de movilidad y se propone una tipología para analizar de manera general cómo la configuración urbana favorece el uso de los distintos modos de transporte. Los resultados del análisis muestran que variables como el tamaño de población, la densidad demográfica, la estructura urbana y la red vial, determinan el tipo de transporte más adecuado para cada ciudad.

En el tercer artículo se desarrolló un modelo de simulación basado en agentes, donde se explora, de manera simplificada, la interacción de la tipología propuesta y la eficiencia de distintas redes de transporte. Los resultados del modelo corroboran los hallazgos del análisis teórico que se realizó en el segundo artículo, además de mostrar que la eficiencia de estructura urbana está relacionada con el tamaño de las ciudades y la configuración de las redes de transporte.

## **Agradecimientos**

“Realizar una investigación de doctorado es un proceso muy solitario”, es una frase que escuché constantemente y aunque no es del todo falsa, también descubrí que no es un esfuerzo individual, sino que se requiere del apoyo de toda una comunidad para poder concluirlo, la mía está integrada por los profesores, amigos y familia que me acompañaron en el proceso.

En primer lugar, quiero agradecer a mi comité doctoral, que con sus visiones, formaciones y fortalezas tan distintas enriquecieron este proyecto. A mi directora, Dra. Ana Díaz, gracias por confiar en este trabajo, por la calidad humana y el respeto con la que me guiaste para plasmar mis ideas, pero exigiendo siempre fundamentos teóricos-metodológicos y principalmente gracias por evitar que colapsara en diferentes momentos. Dr. Florian Chávez, gracias porque aun cuando te encontrabas del otro lado del mundo siempre fuiste muy generoso con tu tiempo, con tu conocimiento y paciente con mis ritmos de aprendizaje, gracias por ayudarme a dar sustento analítico a esta investigación. Dra. Adriana Olivares, gracias porque tus observaciones representaron un reto que me obligaron a repensar y dar un enfoque más concreto a este trabajo.

Dra. Luciana Moscoso, gracias por tu empatía, por regalarnos tu tiempo, tu experiencia y tu comprensión, porque el seminario que formaste es un ejemplo de sororidad y me dio el impulso final que necesitaba para concluir este proyecto.

Agradezco al Dr. Mauricio Dussauge, a Alberto Casas, a Luz y a Alma, quienes conforman la coordinación del doctorado y siempre tuvieron la disposición de escucharme, hicieron más cálida mi estancia en el CIDE y propiciaron las condiciones para cerrar este ciclo. También agradezco al CIDE por todo lo que me permitió aprender y crecer tanto en lo académico como en lo personal.

A mis compañeros de generación, los siete seres humanos con los que tuve el privilegio y la fortuna de encontrarme, sin ustedes esta experiencia no habría sido tan enriquecedora: Ana, Edgar, Lila, Luis, Mónica, Roger y Sergio gracias por su compañía, por todo lo que generosamente compartieron conmigo y me permitieron aprender de ustedes. Especialmente a

Ana y Lila que, además, convirtieron esa pequeña oficina en un consultorio de ayuda emocional 24/7.

Agradezco a mi familia porque siempre están ahí para apoyar mis proyectos y padecerlos conmigo. Especialmente a ti Adán, por aprender conmigo, por los días y las noches que trabajaste junto a mi como si fuera tu propia tesis, por todas las incontables veces que me escuchaste y leíste, pero sobre todo por ser y obligarme a ser resiliente.

A mis papás por enseñarme que soy una mujer fuerte y hacerme creer que puedo lograr todo lo que me propongo.

A Brenda, porque eres sinónimo de incondicionalidad y mi cómplice de vida.

A Eva, Oscar, Beso, Faus, Uziel, Carlos, Aaron, Sharon, Erika, Hanna y David gracias porque los momentos junto a ustedes me reinician la vida.

Finalmente agradezco y dedico este esfuerzo a mi abue (mi chinita). Con tu peculiar forma siempre estuviste pendiente de este proceso, no te preocupes ya terminé.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Introducción.....	1
1 El modelo de mejores prácticas de transporte público y su relación con la gestión de políticas públicas de movilidad.....	6
Introducción.....	6
1.1 Gestión de las políticas públicas de movilidad en ciudades de América Latina .7	
1.1.1 Enfoque de las políticas públicas de movilidad en AL .....	11
1.2 Los BRT y su relación con el surgimiento del modelo de mejores prácticas para la transferencia de políticas públicas de movilidad .....	13
1.3 ¿El modelo de mejores prácticas permite una gestión integral de los problemas de movilidad cotidiana en las ciudades de América Latina? .....	18
Conclusiones .....	23
Bibliografía.....	25
2 Tipología de las ciudades latinoamericanas para el análisis de políticas públicas de movilidad .....	31
Introducción.....	31
2.1 Relación entre las políticas desarrollo urbano y el modelo de movilidad .....	32
2.2 Variables analíticas que explican el modelo de movilidad en América Latina .37	
2.2.1 Tamaño de población.....	38
2.2.2 Densidad demográfica .....	39
2.2.3 Estructura urbana.....	41

2.2.4	Red vial.....	43
2.3	Hacia una tipología para el análisis de las políticas de transporte en ciudades de América Latina .....	46
2.3.1	Ciudades chicas con BRT.....	47
2.3.2	Ciudades medianas con BRT.....	50
2.3.3	Ciudades grandes y megalópolis .....	54
	Conclusiones .....	58
	Bibliografía.....	60
3	Explorando la eficiencia de los sistemas BRT a través de los modelos de simulación basados en agentes .....	66
	Introducción.....	66
	3.1 Modelo .....	67
	3.2 Experimentos .....	71
	3.2.1 Diseño de los experimentos.....	71
	3.2.2 Resultados de los experimentos.....	73
	Conclusiones .....	85
	Bibliografía.....	88
	3.3 Apéndice 1: Overview, Design concepts and Details (OOD).....	92
	3.3.1 Objetivo .....	92
	3.3.2 Agentes .....	92

3.3.3	Reglas de comportamiento .....	94
3.3.4	Conceptos de diseño .....	96
3.3.5	Submodelos .....	98
3.4	Apéndice 2: Entornos de simulación .....	99
3.5	Apéndice 3: Detalle de los resultados por tamaño de ciudad .....	102
3.5.1	Ciudades pequeñas .....	102
3.5.2	Ciudades Medianas.....	103
3.5.3	Ciudades grandes.....	106
	Conclusiones.....	109
	Bibliografía.....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación ONU y OCDE por tamaño de población.....	39
Tabla 2 Niveles de densidad poblacional y tipo de transporte .....	40
Tabla 3 Variables para la clasificación de ciudades latinoamericanas .....	47
Tabla 4 Ciudades Pequeñas con BRT.....	48
Tabla 5 Ciudades Medianas con BRT .....	52
Tabla 6 Ciudades Grandes con BRT .....	55
Tabla 7 Megalópolis con BRT.....	58
Tabla 8 Entornos de simulación .....	70
Tabla 9 Resumen de los escenarios de simulación.....	72
Tabla 10 Número de viajes analizados por escenario de simulación .....	73
Tabla 11 Ciudades pequeñas: tiempo total de recorrido, respecto al promedio .....	75
Tabla 12 Porcentaje de ocupación de la RT en ciudades pequeñas.....	77
Tabla 13 Ciudades medianas: tiempo total de viaje, respecto al promedio.....	78
Tabla 14 Porcentaje de ocupación de la RT en ciudades medianas .....	79
Tabla 15 Ciudades grandes: tiempo total de viaje, respecto al promedio .....	84
Tabla 16 Distribución tiempos de traslado en HMDM, ciudades grandes.....	84
Tabla 17 Porcentaje de ocupación de la RT en ciudades grandes .....	85
Tabla 18 Entornos de simulación .....	93

Tabla 19 Demanda de viajes por tamaño de ciudad y horario de simulación .....	95
Tabla 20 Frecuencia de transporte por horario de simulación.....	95
Tabla 21 Matriz de viajes por horario de simulación .....	98
Tabla 22 Tiempos de recorrido de las ciudades pequeñas.....	103
Tabla 23 Niveles de ocupación de la RT en ciudades pequeñas .....	103
Tabla 24 Tiempos de recorrido de las ciudades medianas .....	105
Tabla 25 Niveles de ocupación de la RT en ciudades medianas .....	105
Tabla 26 Tiempos de recorrido de las ciudades grandes .....	107
Tabla 27 Niveles de ocupación de la RT en ciudades grandes.....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Red vial tipo plato roto.....	45
Figura 2 Red vial tipo ortogonal.....	45
Figura 3 Red vial tipo radial .....	45
Figura 4 Red vial tipo lineal .....	45
Figura 5 Ciudad pequeña, monocéntrica, BRT .....	99
Figura 6 Ciudad pequeña, monocéntrica, Metro-BRT .....	99
Figura 7 Ciudad pequeña, policéntrica, BRT .....	99
Figura 8 Ciudad pequeña, policéntrica, Metro-BRT .....	99

Figura 9 Ciudad mediana, monocéntrica, BRT .....	100
Figura 10 Ciudad mediana, monocéntrica, Metro-BRT .....	100
Figura 11 Ciudad mediana, policéntrica, BRT .....	100
Figura 12 Ciudad mediana, policéntrica, Metro-BRT .....	100
Figura 13 Ciudad grande, monocéntrica, BRT.....	101
Figura 14 Ciudad grande, monocéntrica, Metro-BRT.....	101
Figura 15 Ciudad grande, policéntrica, BRT.....	101
Figura 16 Ciudad grande, policéntrica, Metro-BRT.....	101

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 Chihuahua, México.....	49
Mapa 2 Teresina, Brasil.....	49
Mapa 3 Acapulco, México.....	50
Mapa 4 Querétaro, México.....	53
Mapa 5 Curitiba, Brasil .....	53
Mapa 6 Campinas, Brasil .....	54
Mapa 7 Lima, Perú .....	56
Mapa 8 Guadalajara, México.....	56
Mapa 9 Bogotá, Colombia.....	56

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Tiempos de recorrido de las ciudades pequeñas.....	76
Gráfica 2 Nivel de ocupación de la RT en ciudades pequeñas.....	76
Gráfica 3 Tiempos de recorrido de las ciudades medianas .....	79
Gráfica 4 Nivel de ocupación de la RT en ciudades medianas .....	79
Gráfica 5 Pasajeros por ruta, ciudad mediana policéntrica con metro y BRT, HMDM.....	81
Gráfica 6 Pasajeros por ruta, ciudad mediana policéntrica con metro y BRT, HMDV .....	81
Gráfica 7 Pasajeros por ruta, ciudad mediana policéntrica con metro y BRT, HV .....	82
Gráfica 8 Tiempos de recorrido de las ciudades grandes .....	84
Gráfica 9 Nivel de ocupación de la RT en ciudades grandes .....	85

## **Introducción**

La ciudad es la expresión máxima del espacio producido, posibilita la concentración de grandes volúmenes de población y todo tipo de actividades -económicas, políticas, administrativas y culturales- es por ello el lugar donde tiene lugar la vida cotidiana (Jaramillo, 2009; Lefebvre, 1991). Aunque la proximidad espacial es el atributo inherente de las ciudades, fenómenos tales como el acelerado crecimiento demográfico y la falta de planeación en los procesos de urbanización, han provocado la fragmentación espacial de las actividades cotidianas.

Se denomina movilidad cotidiana al conjunto de los desplazamientos habituales que realiza la población dentro de un territorio delimitado, con la finalidad de satisfacer distintas necesidades o para acceder a bienes y servicios y que resulta de la interacción entre las diferentes zonas de la ciudad, dadas las múltiples actividades complementarias que se realizan en ellas (Gutiérrez, 2013; Islas 2000; Miralles-Guasch, 2002). Las personas se trasladan diariamente; sin embargo, lo hacen de manera diferenciada, según sus motivos de viaje, nivel socioeconómico, edad, género, lugar de residencia y oferta de transporte, entre otras.

En las ciudades latinoamericanas alrededor del 70% de la población usa el transporte público para realizar sus traslados cotidianos (Avellaneda & Lazo, 2011; Graizbord & Santillán, 2005). El esquema de concesiones individualizadas que emplean vehículos de baja capacidad se convirtió en el modelo predominante en la prestación del servicio público de transporte en estas ciudades. El exceso de concesiones otorgadas y la limitada capacidad Estatal para vigilar la adecuada provisión de este servicio, agudizaron los problemas de movilidad relacionados con el transporte público: saturación y obsolescencia en el parque vehicular, sobreposición de rutas, falta de capacitación a los operadores, inseguridad en el servicio y altos índices de accidentabilidad (CAF, 2011; Figueroa, 2005).

A finales de la década de los años 60 del siglo pasado, en Curitiba, Brasil, se diseñó un plan de desarrollo urbano que proponía la construcción de un sistema vial que permitiera la implementación de un nuevo sistema de transporte público, cuyos autobuses serían de gran capacidad y circularían por carriles de uso exclusivo. Para 1972, Curitiba se convierte en la primera ciudad latinoamericana en implementar un sistema de transporte público basado en

autobuses de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés). Este sistema de transporte permitió que la ciudad trazara sus zonas de crecimiento según la implementación de nuevas rutas del mismo sistema (Pardo, 2009). Este caso, donde el sistema de transporte público se diseñó acorde a un plan de desarrollo urbano de largo plazo, es atípico en las ciudades latinoamericanas.

En diciembre del año 2000 se inauguró la primer línea de BRT en Bogotá -cuyo sistema es mejor conocido como *Transmilenio*-. A diferencia de Curitiba, en Bogotá el sistema no se implementó con una lógica de planeación urbana, sino con la finalidad de resolver los graves problemas de movilidad cotidiana que presentaba la ciudad y de sustituir el transporte público de baja capacidad. Transmilenio se diseñó como una red de transporte público que cubriera la ciudad y en torno a la cual se rediseñaran las rutas del transporte convencional (Leal & Bertini, 200; Pardo, 2009). A pocos meses de su implementación, el número de usuarios de Transmilenio alcanzó niveles observados previamente sólo en sistemas de alta capacidad, tipo metro (Silva Ardila, 2020).

A partir de la experiencia en Bogotá y bajo el de modelo de *mejores prácticas* para la transferencia de políticas públicas, los BRT han sido ampliamente promovidos por organismos multilaterales, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial (BM), como una opción de política pública de transporte innovadora y eficiente que pueden sustituir a los sistemas de capacidad masiva -como los metros y trenes urbanos- a una fracción del costo y tiempo de implementación (Suzuki, et al, 2013; Wright & Hook, 2007).

Actualmente, más de 170 ciudades ubicadas en 43 países de los cinco continentes cuentan con al menos una línea de BRT en operación (BRT + Centre of Excellence & EMBARQ, 2021). EL modelo de *mejores prácticas* propone soluciones únicas a entornos diversos, sin embargo, la eficacia de los transportes depende de las necesidades y características de cada ciudad (Miralles-Guasch & Cebollada, 2003). Los procesos de desarrollo urbano influyen en la dinámica de movilidad y explican la relación que cada región ha desarrollado con el transporte público por lo cual resulta inviable que una única solución sea adecuada para atender las necesidades y problemas, tan diversos, que deben presentar estas 170 ciudades.

Cada ciudad, por sus características demográficas, estructura urbana, dinámica de movilidad y oferta de transporte, etc, requiere un modelo de movilidad específico. En algunas

de ellas el sistema BRT pueden ser una opción que se integre de manera complementaria a una red de transporte público que tenga como eje articulador algún sistema de capacidad masiva, o bien que sea el tipo de transporte en torno al cual se articule el sistema.

La hipótesis general del trabajo de investigación que aquí se presenta, sostiene que las políticas públicas de transporte que se han implementado en las ciudades latinoamericanas no han resultado del todo eficaces debido a que las soluciones implementadas no incorporan un análisis de cómo las características del entorno urbano influyen en el tipo de transporte que mejor se adecua a las necesidades de cada ciudad. La propuesta de investigación se limita a las ciudades latinoamericanas por qué de acuerdo con autores como Calderón & Castells (2019), Ford (1996) y Lezama (2010), la especificidad del proceso histórico que vivió Latinoamérica requiere el desarrollo de un marco analítico propio, ya que los modelos de desarrollo urbano que se esbozaron en otros contextos no cuentan con la capacidad explicativa para dar cuenta de los fenómenos asociados a los patrones de desarrollo urbano de esta región o bien, refieren a parámetros no equiparables a la realidad de América Latina. Adicionalmente, las problemáticas relacionadas con el transporte público también son similares en las ciudades de esta región. Con esto en mente, la tesis que aquí se presenta se desarrolló a través de tres artículos de investigación.

En el primer artículo se analiza el proceso a través del cual el modelo de *mejores prácticas* se posicionó como la principal herramienta para fomentar la transferencia de políticas públicas de movilidad y por qué omitir el contexto de implementación y la relación causal entre movilidad y estructura urbana impide una adecuada comprensión y gestión de estos problemas. El análisis muestra cómo el concepto de movilidad sustentable permitió articular intereses, problemáticas y agendas de los múltiples actores que participan en el ciclo de estas políticas públicas. Cronológicamente el auge de este concepto coincide con la implementación Transmilenio en Bogotá, el sistema se presentó como una solución plausible a múltiples problemas: mejorar las condiciones de transporte en AL, reducir la emisión de gases de efecto invernadero en las grandes ciudades, encontrar nuevos modelos organizacionales que promovieran la inversión en infraestructura de transporte público, etc. Este contexto propició que los BRT se posicionaran como un ejemplo de *mejores prácticas* en las políticas públicas de transporte.

El modelo de *mejores prácticas* proponer soluciones únicas u homogéneas y por lo tanto no permite ni entender ni gestionar de manera integral los problemas de movilidad de las ciudades. Como consecuencia de omitir el contexto y con ello las particularidades urbanas, resulta imposible vincular las políticas de movilidad con las de planificación territorial. La viabilidad de las políticas públicas de movilidad requiere estudios integrales que considere cómo influyen las características del entorno urbano en los problemas de movilidad de cada ciudad. Para este propósito, en el segundo artículo se analiza a nivel teórico las variables del entorno urbano que mayor influencia tienen en la dinámica de movilidad. Con base en el tamaño de población, la densidad demográfica, la estructura urbana y la red vial, se propone una tipología para analizar de manera general cómo la configuración urbana favorece el uso de los distintos modos de transporte y conocer en qué entornos o conjunción de características urbanas se favorece el uso de los distintos tipos de transporte público.

El análisis que resulta del uso de esta tipología muestra que las ciudades pequeñas y difusas no presentan condiciones favorables para la implementación de sistemas de transporte público de capacidad semimasiva como el BRT; mientras que, en las ciudades pequeñas y compactas, podría ser viable implementar este tipo de sistemas. En las ciudades medianas es importante realizar análisis más detallados, pero preliminarmente se observa que, las ciudades de este tamaño y dispersas cuentan con los niveles de densidad para la implementación de sistemas semimasivos; sin embargo la movilidad tiende a sustentarse en uso del automóvil por lo cual la planeación de la red de transporte público debería inducir al cambio moda. Por el contrario, en las ciudades medianas con altos niveles de densidad, los sistemas de capacidad semimasiva, pueden presentar problemas de saturación. Finalmente, en las grandes ciudades la red de transporte público no se puede sostener en sistemas de capacidad semimasiva, como los BRT, pues actualmente existe evidencia que demuestra que la capacidad entre estos y los sistemas tipo metro no es equiparable.

Con el objetivo de validar los hallazgos previamente descritos, para el tercer artículo se desarrolló un modelo de simulación basado en agentes. Los modelos de simulación son una herramienta que puede ser empleada para realizar análisis en escenarios hipotéticos o comparar situaciones que aun en condiciones ideales sería imposible llevar a cabo, además permiten variar o fijar los elementos que lo conforman para aislar los efectos que se quiere estudiar. Esta

herramienta permitió explorar, de manera simplificada, la interacción de la tipología propuesta a través de diversas combinaciones entre tamaño de ciudad, estructura urbana y distintas redes de transporte (cuyo sistema troncal está conformado sólo por BRT o por metro y BRT) en diferentes horarios de demanda. Se diseñó un experimento para analizar la eficiencia de las redes de transporte a partir de dos variables: el tiempo de traslado total (que incluye el tiempo de espera antes de abordar y el tiempo dentro del vehículo), además del nivel de ocupación como una variable proxy de la comodidad.

Los resultados del modelo de simulación permitieron corroborar los hallazgos del análisis teórico que se realizó con la tipología desarrollada en el segundo artículo, además de explorar la relación entre la estructura urbana y las redes de transporte público. Los resultados relacionados con el papel de la estructura urbana mostraron que la estructura monocéntrica en las ciudades pequeñas es más eficiente en términos de movilidad cotidiana, respecto de las ciudades policéntricas. Para las ciudades medianas, la estructura policéntrica es más eficiente siempre y cuando las ciudades tengan una red conformada por metro y BRT; sin embargo, en las ciudades donde sólo hay BRT la estructura monocéntrica es más eficiente. En las ciudades grandes el tipo de estructura urbana no influye significativamente en los tiempos de traslado. Además, el análisis que se llevó a cabo permitió corroborar que los BRT no funcionan como sustitutos de los sistemas de capacidad masiva.

A partir del análisis conjunto de los tres artículos, en la parte final de este texto, se presentan, a manera de conclusión, las limitaciones y reflexiones finales que derivan de este trabajo de investigación.

# **1 El modelo de mejores prácticas de transporte público y su relación con la gestión de políticas públicas de movilidad**

## **Introducción**

Desde sus orígenes, las ciudades se han caracterizado por concentrar espacialmente actividades de todo tipo: económicas, políticas, administrativas y culturales. Se trata de espacios privilegiados para el intercambio de mercancías, ideas, saberes y experiencias debido a que en ellas concurren grandes masas humanas, así como la simultaneidad de procesos y multiplicidad de fenómenos, es por ello el lugar de la proximidad (Jaramillo, 2009). Sin embargo, el crecimiento demográfico y los procesos de urbanización se han traducido en una extensión territorial, hecho que trae consigo una serie de fenómenos y problemas que dificultan el adecuado funcionamiento de las ciudades. El crecimiento urbano ha provocado la fragmentación espacial, de las actividades cotidianas.

La segmentación espacial de las actividades que las personas deben realizar cotidianamente genera necesidades de movilidad al interior de la ciudad, necesidades determinadas por las características individuales y colectivas de la población, además de los patrones de localización que existen entre los lugares de residencia y el resto de las actividades cotidianas (Miralles-Guasch, 2002; Salazar & Ibarra 2006; Avellaneda 2008). Las personas se trasladan diariamente; sin embargo, lo hacen de manera diferenciada, según sus motivos de viaje, nivel socioeconómico, edad, género, lugar de residencia y oferta de transporte, entre otras.

En América Latina (AL) el transporte público es el medio de transporte usado por alrededor del 70 por ciento de la población para realizar sus traslados cotidianos (Avellaneda & Lazo, 2011; Graizbord & Santillán, 2005). En estas ciudades la gestión de los problemas de movilidad cotidiana se ha realizado, primordialmente, a través de la implementación de sistemas de transporte público basado en autobuses de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés). A partir de la experiencia en Bogotá, los BRT se consolidaron como una política pública con base en el modelo de *mejores prácticas* que permitía resolver problemas de movilidad e invertir en la modernización del transporte a un costo menor de lo que implicaría la inversión en otros sistemas (como los ferroviarios) (Pardo, 2009; Silva Ardila, 2020).

El objetivo de este texto es analizar por qué el modelo de *mejores prácticas* que ha fomentado la transferencia de políticas públicas de movilidad durante el siglo XXI al omitir el contexto de implementación y la relación causal entre movilidad y estructura urbana impide una adecuada comprensión y gestión de los problemas de movilidad cotidiana en las ciudades de AL.

Para este propósito el texto se organiza en tres apartados. La conceptualización de los problemas públicos establece la forma en que son gestionados, por lo cual en el primero apartado se describe la evolución histórica del concepto de movilidad, las variables que la literatura especializada señala como elementos que influyen en la dinámica de movilidad de una ciudad y finalmente por qué las políticas públicas de movilidad en AL se enfocaron en el transporte público.

En el segundo apartado se describe el proceso que posicionó el modelo de *mejores prácticas* como la herramienta más usada para implementar políticas públicas de movilidad durante las últimas dos décadas y la importancia del concepto de movilidad sustentable para consolidar este fenómeno. Finalmente, en el tercer apartado se analizan los elementos que el modelo de *mejores prácticas* omite y por qué es necesario incorporarlos en el diseño de políticas públicas para entender y atender de manera integral los problemas de movilidad.

### **1.1 Gestión de las políticas públicas de movilidad en ciudades de América Latina**

En la última década se ha popularizado el uso del término movilidad, su uso es común entre tomadores de decisión, planeadores urbanos, agencias de cooperación, organismos no gubernamentales (ONG), laboratorios de ideas (*think tanks*) y sociedad civil. En la literatura, los conceptos de “movilidad cotidiana” y “movilidad urbana” son ampliamente utilizados, sin embargo, en muy pocos textos se hace un esfuerzo explícito por definirlos, por lo cual es difícil articular un cuerpo teórico metodológico sólido en torno al fenómeno (Gutiérrez, 2013).

Movilidad es un término polisémico que se emplea en diversas disciplinas como sociología y geografía. De acuerdo con Kaufmann (2009), este concepto fue empleado por primera vez en las ciencias sociales durante la década de 1920, cuando Sorokin, sociólogo de la Escuela de Chicago, acuña el término de movilidad social para explicar el cambio de posición,

estatus o categoría de los individuos dentro de la estructura social. Además de fundar una de las corrientes analíticas más prolíficas de la sociología, los estudios de Sorokin permitieron definir la movilidad en términos de cambio y circulación (p 42).

Desde el campo analítico de la geografía se gestó la noción espacial de la movilidad, asociada con la circulación de personas y mercancías en las ciudades. Dentro de esta literatura, Kaufmann (2009) identifica cuatro acepciones de movilidad que generaron sus propios campos de estudios: movilidad cotidiana, viajes (de carácter turístico), movilidad residencial y migración.

El concepto de movilidad cotidiana surge como una evolución de los estudios de transporte (Kaufman 2009). En la primera mitad del siglo XX, el proceso de urbanización fue resultado del desarrollo tecnológico, y la forma urbana a la que dio lugar fue la ciudad expandida. El automóvil permitió incrementar el binomio velocidad-distancia y con ello la distancia tecnológica sustituyó a la geográfica; por otra parte, con las mejoras en las redes de comunicación los costos de transporte se redujeron, lo que se tradujo en una manera diferente de concebir el espacio y en un aumento de la movilidad individual (Arango, 2010; Lizárraga 2006). Durante la segunda mitad del siglo XX la expansión urbana daría lugar a ciudades diferenciadas y fragmentadas económica y socialmente, lo que supuso mayor inversión de tiempo para los desplazamientos y precarización de las condiciones de movilidad para las personas de menores recursos. (Arango, 2010; Lizárraga 2006).

Los crecientes niveles de congestionamiento colocaron el tiempo, costo y seguridad de los traslados cotidianos como problemas de la agenda pública. Hasta los años noventa, estos problemas se estudiaron desde la perspectiva del transporte en su interrelación con el desarrollo urbano (Islas, 2000; Gutiérrez, 2013). Para Gutiérrez (2013), la movilidad y el transporte comparten un mismo objeto de estudio: el desplazamiento territorial de las personas y sus bienes, en un contexto social y en un espacio temporalmente determinados. También comparten al viaje como unidad de análisis, pero no estudian el mismo universo de viajes. La movilidad urbana se enfoca en la “práctica social de desplazamiento en el territorio, que conjuga deseos y necesidades de desplazamiento (que en conjunto pueden definirse como requerimientos de movilidad) y capacidades de satisfacerlos” (p 67). Es decir, abarca los aspectos subjetivos y

objetivos, materiales e inmateriales de los viajes. Por su parte, la literatura de transporte se enfoca en los medios más que en las personas (Miralles-Guasch, 2002).

La movilidad cotidiana es un concepto que refiere al conjunto de los desplazamientos habituales que realiza la población dentro de un territorio delimitado, con la finalidad de satisfacer distintas necesidades o para acceder a bienes y servicios y que resulta de la interacción entre las diferentes zonas de la ciudad, dadas las múltiples actividades complementarias que se realizan en ellas (Gutiérrez, 2013; Islas 2000; Miralles-Guasch, 2002).

A los términos de movilidad, movilidad urbana y movilidad cotidiana se suma el de movilidad sustentable, que frecuentemente se usa como sinónimo de las anteriores, sin embargo, este término hace referencia a un paradigma alternativo que promueve acciones para reducir la necesidad de viajar (menos viajes), fomentar el cambio modal, reducir la duración de los viajes y generar una mayor eficiencia en los sistemas de transporte (Banister, 2008, p73). Esta mezcla en el uso de los términos es, en gran medida, resultado de las políticas públicas de movilidad cotidiana que se han implementado durante las últimas décadas, pues han recurrido al discurso de la movilidad sustentable para agrupar intereses, problemáticas y agendas de los múltiples actores que participan en el ciclo de estas políticas públicas.

Para analizar la gestión de las políticas públicas en las ciudades de AL es necesario entender los elementos que explican la dinámica de movilidad cotidiana y a pesar de la falta de sistematización que dificulta la articulación de un cuerpo teórico metodológico sólido en torno a este tema, dentro de la literatura especializada la estructura urbana es la variable que más se usa para analizar y explicar los patrones de movilidad en una ciudad. La perspectiva estructural reconoce la importancia de los procesos históricos y sociales en la conformación del espacio. Para Castells (2017)

“el espacio urbano está estructurado, o sea, que no se organiza al azar...El espacio es pues, un producto material en relación con otros elementos materiales, entre ellos los hombres, los cuales contraen determinadas relaciones sociales, que dan al espacio (y a los otros elementos de la combinación) una forma, una función, una significación social” (p.141).

Por lo tanto, la estructura urbana es el producto social que resulta de la interacción de diferentes instancias de la estructura social: la económica, la política, la ideológica y la coyuntura de las relaciones sociales. A su vez, el espacio es susceptible de producir, recíprocamente, efectos específicos sobre los otros campos de la coyuntura social, debido a la forma particular de articulación de las instancias estructurales que constituye (p. 473).

Las formas en las que se organiza espacialmente la ciudad determinaran los patrones de movilidad de su población. De acuerdo con Negrete (2008) “Para estudiar las modalidades de la movilidad en la ciudad es necesario hacer referencia a la estructura urbana, pues los orígenes y destinos de los flujos que en ella se reproducen tienen una localización precisa y se organiza de cierta manera en el espacio urbano” (p 299). En una ciudad donde existe una alta densidad urbana, acompañada de usos de suelos combinados e infraestructura vial equitativa para los distintos modos de transporte, la calidad de los traslados cotidianos será mayor que aquella donde la fragmentación espacial ha marcado una importante distancia entre las zonas habitacionales y los centros de empleo, pues en ésta última las distancias, tiempo y número de transportes usados tienden a ser mayores.

Para Meur y Haaijer (2001) la estructura urbana y la planeación de las zonas residenciales pueden explicar los patrones de movilidad y la elección del modo de transporte. La ubicación de la vivienda en relación con los diversos destinos que tienen los miembros de una familia determinará cuánto viajan y cómo lo hacen, en función de los modos de transporte que cada uno tiene disponibles. Según los estudios realizados por estos autores, en una zona residencial con mayor infraestructura social como parques, escuelas y comercio local se produce mayor número de viajes, pero de menor longitud y principalmente viajes no relacionados con el transporte, es decir, se realizan a pie.

Existe una asociación de determinación entre estructura, la planeación urbana y la dinámica de desplazamiento territorial. La estructura urbana remite a la localización de las actividades y a la infraestructura de transporte: las personas que habitan en zonas con alta densidad y uso de suelo mixto realizan viajes más cortos en tiempo y distancia que aquellas que donde el uso de suelo es predominantemente habitacional y las actividades económicas se

encuentran concentradas en otras áreas, por lo cual se trasladan entre zonas para atender necesidades básicas (Verhetsel & Vanelslander, 2010).

La calidad de la movilidad está condicionada por las distancias y tiempos de recorrido, así como por los costos de desplazamiento, la accesibilidad física y el estado de los medios de transporte usados (Miralles-Guasch, 2002; Negrete, 2008; Muriel e Islas 1995; Avellaneda, 2008). Las personas de menores ingresos enfrentan mayores limitaciones de movilidad, regularmente viven en zonas con una baja provisión de servicios básicos o en zonas periféricas, por lo cual las horas que se destinarían al descanso o a actividades recreativas se pierden en el transporte y además destinan una mayor proporción de sus ingresos al gasto en transporte (Eibenschutz & Goya, 2009).

Los individuos con mayor nivel socioeconómico, en promedio, realizan más viajes al día porque destinan menor proporción de sus ingresos en transporte y su nivel de consumo es mayor, lo cual les permite realizar otras actividades además de ir al trabajo o la escuela; tales como el ir al gimnasio, a comer, a clases complementarias o compras (Banister, 2011).

Las personas se trasladan para realizar actividades cotidianas; sin embargo, lo hacen de manera diferenciada. El género, la edad, la ocupación, el nivel socioeconómico y el nivel de servicios del lugar de residencia determinan los motivos, cuánto y cómo viajan los individuos (Miralles-Guasch, 2002).

### **1.1.1 Enfoque de las políticas públicas de movilidad en AL**

El primer paso para el diseño de las políticas públicas consiste en identificar el problema, sin embargo, como señala Merino (2013) los problemas públicos no existen per se, sino que se construyen. Definir un problema público no es describirlo, consiste en señalar sus causas y las soluciones factibles para trazar un mapa de ruta para afrontarlo (Merino 2013). Por lo tanto, lo más importante en la construcción de una política pública es definir su núcleo duro, en él se define causalmente el problema que se quiere atender; establece la forma en que se quiere modificar el estatus quo de una situación a partir de la intervención del Estado y señala los valores que justifican por qué se lleva a cabo (Merino, 2011 y Majone, 1997).

Este enfoque de políticas públicas cobra relevancia porque aun cuando en la literatura es ampliamente reconocida la relación causal que existe entre estructura y movilidad cotidiana, en el diseño de las políticas de movilidad que se han implementado en las últimas dos décadas en AL no se observa claramente la relación entre el problema público y las soluciones promovidas.

De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en AL la calidad de la movilidad cotidiana está condicionada por el crecimiento urbano acelerado que tuvo lugar entre 1950 y 1970, la desarticulación entre la forma urbana y los sistemas de movilidad; la concentración de actividades en las áreas centrales y la segregación socioeconómica y espacial (Montezuma, 2005).

En la primera mitad del siglo XX, el proceso de urbanización fue resultado del desarrollo tecnológico y la forma urbana a la que dio lugar fue la ciudad expandida. El automóvil permitió incrementar el binomio velocidad-distancia y con ello la distancia tecnológica sustituyó a la geográfica; por otra parte, con las mejoras en las redes de comunicación los costos de transporte se redujeron, lo que se tradujo en una manera diferente de concebir el espacio y en un aumento de la movilidad individual. Para la segunda mitad del siglo XX el constante crecimiento de las ciudades daría lugar a ciudades diferenciadas y fragmentadas económica y socialmente, lo que supuso mayor inversión de tiempo para los desplazamientos y precarización de las condiciones de movilidad para las personas de menores recursos (Arango, 2010; Lizárraga 2006).

Los crecientes niveles de congestión colocaron el tiempo, costo y seguridad de los traslados cotidianos como problemas de la agenda pública. Hasta los años noventa, estos problemas se estudiaron desde la perspectiva del transporte y su interrelación con el desarrollo urbano (Islas, 2000; Gutiérrez, 2013). En AL el transporte público cobró especial relevancia, para inicios del siglo XXI constituía el principal medio de transporte y alrededor del 70 por ciento de la población lo empleaba para realizar sus traslados cotidianos (Avellaneda & Lazo, 2011; Graizbord & Santillán, 2005), por lo tanto, se consolida como un instrumento de integración y cohesión social y ordenamiento territorial que permite acceder a diferentes sectores de la ciudad (Avellaneda, 2008; Couturiel & Islas, 1995).

El transporte público al ser una necesidad compartida por la totalidad de los individuos en un entorno social y territorial se constituye como un servicio público y le corresponde al Estado, en tanto actor legítimo que ostenta el poder público, garantizar el acceso universal a estos, para lo cual dispone de dos figuras básicas: servicio público y privado, además de los múltiples modelos que pueda resultar de las diversas combinaciones entre estas (Duhau, 1991).

En este contexto, el Fondo Monetario Internacional (FMI) en colaboración con el Banco Mundial (BM) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) llevaron a cabo diversos estudios para analizar la factibilidad de implementar Asociaciones Público-Privadas (APP) para que los gobiernos latinoamericanos mantuvieran su gasto público en infraestructura sin elevar sus niveles de endeudamiento. Sus principales resultados señalan que la infraestructura económica (como transporte, carreteras y electricidad) cuenta con características que la hacen más atractiva a la inversión privada, que la infraestructura social (salud, educación, etc.), ya que tiene mayores tasas de rentabilidad, el cobro de tarifas a usuarios finales es más factible y cuentan con un mercado más desarrollado que permite combinar la construcción con la prestación de servicios asociados (Akitoby, B, Hemming, R & Schwartz, G, 2007, p. 10).

Por lo tanto, en Latinoamérica estos organismos han incentivado la inversión en infraestructura económica, particularmente la relacionada con transporte, bajo diversos modelos de APP. Los sistemas tipo BRT han sido promovido no sólo como una herramienta para invertir en infraestructura pública, sino también para modernizar el transporte público de pasajeros, subsanar algunas deficiencias en la calidad del servicio ofrecido en décadas anteriores y mejorar la calidad de la movilidad.

## **1.2 Los BRT y su relación con el surgimiento del modelo de mejores prácticas para la transferencia de políticas públicas de movilidad**

A finales del siglo XX se consolida la transición hacia el paradigma de movilidad cotidiana, esta etapa coincide con el auge del concepto desarrollo sustentable<sup>1</sup> y en este contexto

---

<sup>1</sup> En 1987 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) presenta el informe *Our Common future*, o también conocido como informe Brundtland, en él aparece por primera vez el término desarrollo sustentable, definido como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (ONU, 1987). Este informe sirvió de base para desarrollar los objetivos de Agenda 21, acuerdo firmado en 1992 por 179 países miembros, durante la conferencia sobre el medio ambiente y

el transporte aparece como un elemento ideal que permite articular ambos discursos. De acuerdo con Whitelegg (1997) el transporte es un elemento vital para las actividades económicas y sociales, para lograr que se enmarque dentro de la sustentabilidad la distancia de desplazamiento debe ser siempre la más corta posible con el fin de ahorrar energía y tiempo; es vital priorizar aquellos medios que impliquen menos problemas en relación con el medio natural y social; además, las inversiones en proyectos de transporte deben tener como objetivo satisfacer necesidades sociales, económicas y medioambientales.

El enfoque de movilidad sustentable propone reducir la cantidad, distancia y duración de los viajes, además fomenta la eficiencia en los diferentes modos de transporte a través del uso de nuevas tecnologías: trabajo a distancia, modernización del parque vehicular que use energías sustentables y pone énfasis en promover el cambio modal del automóvil al transporte público y los modos no motorizados. (Banister, 2008; Verhetsel & Vanelslander, 2010).

Históricamente AL se ha caracterizado por ser la región que más modelos de política y administración pública ha importado de Europa y EU, sin embargo, durante el siglo XXI diversos países y ciudades diseñaron modelos, particularmente en los ámbitos social y urbano, que los llevaron de ser sólo importadores a exportadores de políticas (Porto de Oliveira, Osorio, Montero & Da Silva, 2020). Las políticas públicas de movilidad implementadas en Bogotá a finales de los años 90 y principios de los 2000 cobraron tal relevancia que fueron exportadas y adoptadas en múltiples ciudades de América, Europa y Asia (Silva Ardila, 2020, Montero, 2017 Porto de Oliveira, et al, 2020).

Bogotá es un caso emblemático que permite explicar, a través del proceso de transferencia de políticas públicas con base en el modelo de *mejores prácticas*, cómo el discurso

---

el desarrollo celebrada por la ONU, en ella los gobiernos se comprometen a implementar medidas que fomenten el desarrollo sustentable. Para el año 2000 se firma una agenda complementaria denominada Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Satterthwaite (1998) hace una crítica a los compromisos adquiridos en pro del desarrollo sustentable pues son tan amplios y ambiguos que prácticamente cualquier acción puede ser considerada como una contribución. Para él la idea de una ciudad sustentable es ingenua, sin embargo, cree que en la posibilidad de desarrollar acciones que contribuyan al desarrollo sustentable en las ciudades. Aunque no es posible concebir una agenda global de problemas ambientales, ya que los problemas en las ciudades de los países desarrollados y los, llamados, en vías de desarrollo son muy distintos. Entre las cuestiones que deben atender los primeros se encuentran la reducción de emisión de gases de efecto invernadero, los niveles de uso de recursos, generación de desechos, etc.; mientras los problemas de los segundos se asocian más con la pobreza, los asentamientos irregulares y sus consecuencias.

de la movilidad sustentable ayudó a que convergieran las agendas de diversos actores políticos, organismo multilaterales, ONG y actores de la sociedad civil. En consecuencia, las políticas de movilidad implementadas en la ciudad durante esa etapa se popularizaron y adoptaron en entornos sumamente diversos.

Con la finalidad de reducir los altos índices de violencia urbana que atravesaba Bogotá, hacia finales de los años 90, el gobierno local impulsó el rescate de espacios públicos, además de fortalecer y ampliar el programa “Ciclovía<sup>2</sup>”, estas acciones fueron bien recibidas y se obtuvieron los resultados esperados al reducir los índices de criminalidad. Enrique Peñalosa, alcalde de Bogotá de 1998 a 2000 amplió la inversión en infraestructura de transporte alternativa al automóvil al implementar carriles para la circulación exclusiva de bicicletas y Transmilenio, sistema de transporte público tipo BRT. Posteriormente emprendería una campaña internacional para posicionar a la ciudad como un caso de éxito de movilidad sustentable (Montero, 2017).

En diciembre de 2000 entró en funcionamiento la primera línea del sistema Transmilenio en la ciudad de Bogotá y eventualmente se convertiría en la política emblemática del transporte sustentable. El sistema se presentaba como una alternativa al transporte público de baja capacidad que mejoraría las condiciones de traslado de los usuarios y contribuiría a reducir tanto los niveles de congestión, como la emisión de gases contaminantes a la atmósfera. Desde el punto de vista organizacional, el sistema era una manera de agrupar a los transportistas en empresas (Leal & Bertini, 2003; Pardo, 2009).

La necesidad de invertir en infraestructura de transporte masivo para la capital colombiana se había discutido por décadas y los planes parecían demarcarse por algún sistema de tipo ferroviario, preferentemente metro, sin embargo, no lograron concretarse debido a razones de presupuesto y porque los largos periodos de construcción que implicaba no empataban con los ciclos electorales. Después de analizar el caso de Curitiba<sup>3</sup>, de consultar con

---

<sup>2</sup> La ciclovía es un programa que se implementó en Bogotá desde 1974, todos los domingos de 7:00 a 2:00 pm en las principales vialidades de la ciudad se restringe la circulación vehicular y se destina para el uso de los ciclistas y peatones.

<sup>3</sup> En 1972 se había puesto en funcionamiento un sistema de transporte público basado en autobuses de tránsito rápido que circulaban por carriles exclusivos en la ciudad de Curitiba en Brasil. En este caso, el crecimiento de la red de transporte marcaría la pauta del crecimiento urbano (Pardo, 2009). Es decir, se trató de una experiencia original y distintiva en el sentido de que se desarrolló con un enfoque de planeación urbana que ayudaría a trazar

expertos brasileños y de realizar adaptaciones al modelo original, el alcalde de Bogotá, Enrique Peñalosa decidió implementar un sistema de transporte integrado basado en autobuses de tránsito rápido (Silva Ardilla, 2020).

En cuestión de meses, el número de usuarios de Transmilenio aumentó exponencialmente, se construyeron nuevas líneas y la cantidad de pasajeros transportados superó las expectativas de demanda previstas. El sistema integrado alcanzó niveles de medición observados previamente sólo en sistemas de alta capacidad, tipo metro. Bogotá fue el primer caso de implementación exitosa de un sistema de transporte semi integral y basado en autobuses, en una ciudad con más de 5 millones de habitantes (Silva Ardila, 2020). Por ello, académicos y expertos consideraron que Transmilenio representaba un caso exitoso de una política de transporte que podía competir con sistemas ferroviarios en términos de capacidad y costo de implementación (Suzuki, et al, 2013; Wright & Hook, 2007). La expansión de las líneas de Transmilenio supuso la incorporación de carriles de rebase para rutas exprés, la introducción de tarjetas de acceso universal y de sistemas de monitoreo y ubicación GPS de los autobuses. En materia urbanística, se acompañó de la renovación de espacios públicos y de la creación de una red de bicicletas públicas. Estos factores hicieron que el modelo BRT de Bogotá se convirtiera en una opción innovadora y económica para países en desarrollo. Parte de su éxito radica en el hecho de que este conjunto de características supuso incentivos para que el sector privado invirtiera en políticas públicas de transporte (Silva Ardila, 2020).

Autores como Silva Ardila 2020; Montero, 2017; Porto de Oliveira, et al 2020 coinciden en que la participación de diversos actores fue determinante para posicionar los BRT como una política pública con base en el modelo de *mejores prácticas*, lo que eventualmente detonó la expansión de esta política a otras ciudades de Colombia, gran parte de los países latinoamericanos, además de Asia y Europa. De la experiencia de Transmilenio surgió un nuevo actor, el grupo colombiano de expertos en transporte que fueron contratados en otros países como asesores de gobiernos locales, del BM y del BID. Un segundo factor que, al paso del tiempo cobró mayor relevancia, fue la consolidación de dos *think tanks*: EMBARQ<sup>4</sup>, posicionó

---

y delimitar las zonas de crecimiento de la ciudad, así como a prevenir problemas de tráfico provocados por la saturación de autobuses de baja capacidad.

<sup>4</sup> Parte del Centro Ross de Ciudades Sostenibles del Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) y antiguo Centro de Transporte Sostenible CTS).

Transmilenio como ejemplo de una inversión eficiente de recursos para mejorar la calidad del transporte urbano y ayudar a reducir la emisión de gases CO<sub>2</sub>, asimismo, creó premios para ciudades con experiencias exitosas y susceptibles de ser replicadas en otras ciudades; el Instituto de Políticas para el Transporte (ITDP, por sus siglas en inglés) se concentró en fomentar la implementación de políticas de transporte y, de manera muy particular, aquellas que contribuyen a reducir la dependencia del automóvil y fomentaran modalidades no motorizadas, promoviendo los BRT como la única solución plausible para el transporte urbano en los países en desarrollo. La manera en la que estas organizaciones posicionaron el tema influyó fuertemente en el tránsito de un enfoque que enfatizaba el transporte público a uno que se centró en la movilidad sustentable (Silva Ardila 2020; Montero, 2017).

Tanto el grupo de consultores colombiano como los *think tanks* contribuyeron a consolidar la idea de que los BRT eran la mejor opción para la modernización del transporte público masivo en los países en vías de desarrollo. A través de complejos procesos de interacción, ayudaron a vincular demandas locales con la asignación de capital. Su asesoría especializada constituyó, en los hechos, un factor de certidumbre para los inversionistas privados en la medida en la que contribuyeron a una mejor comprensión de los contextos de inversión y con ello, a reducir la percepción de riesgo. Los BRT se convirtieron en la política favorecida por agencias financiadoras internacionales como el BM, el BID y el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) (Silva Ardila, 2020, p. 85). Porque se alineaba con los objetivos de *Agenda 21* y más tarde con los *Objetivos de Desarrollo del Milenio*.

Para ese momento los problemas de contaminación ambiental y calidad del aire se posicionaban en la agenda internacional y las ciudades más grandes de Asia y América necesitaban implementar políticas públicas para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (Montero, 2017), específicamente el carbono, expedido al ambiente por la quema de combustibles que realizan los vehículos automotores.

Paralelamente, el sistema de transporte público de las ciudades latinoamericanas atravesaba una crisis que agudizaba los problemas de movilidad. La demanda se atendía primordialmente a través de unidades de transporte de baja capacidad, esta condición en conjunto con la poca regulación estatal provocó saturación y obsolescencia en el parque

vehicular, sobreposición de rutas, falta de capacitación a los operadores, inseguridad en el servicio, altos índices de accidentabilidad e impacto ambiental (CAF, 2011; Figueroa, 2005).

La convergencia de todos estos factores permitió que los BRT emergieran como una política integral de transporte fácilmente adaptable en contextos diversos y como solución a un conjunto de problemáticas que se agruparon bajo la bandera de la movilidad sustentable, con lo cual logró consolidarse como mejor práctica de política pública (Duarte & Rojas, 2012, Montero, 2017; Silva Ardila, 2020).

El modelo de *mejores prácticas* se ha convertido en un mecanismo de gobernanza ampliamente difundido porque permite alinear objetivos de diversos actores e incentivarlos para coordinar acciones conjuntas que de otra manera no se llevarían a cabo (Sorensen & Torfing, 2009). Organismos internacionales, planeadores urbanos y tomadores de decisión a nivel mundial continúan promoviendo la implementación de políticas públicas calificadas como *mejores prácticas*, pues ante la imposibilidad de realizar pruebas o experimentos, su uso ha sido entendido como una especie de tecnología gubernamental (Montero, 2017, p 116), o lo que Dussauge (2012) llama mecanismo de experimentación gratuita, ya que los resultados han sido validados en una situación real.

De manera contrastante, este modelo para la transferencia de políticas públicas ha sido criticado desde la academia por la dificultad que implica que sea replicado con resultados satisfactorios en un contexto con condiciones políticas y sociales distintas del que fue recuperado y porque ninguna política puede ser nombrada mejor que otra pues lo que es adecuado para un contexto puede no resultar adecuado en otro (Montero, 2017).

### **1.3 ¿El modelo de mejores prácticas permite una gestión integral de los problemas de movilidad cotidiana en las ciudades de América Latina?**

Tomando como ejemplo los BRT para analizar las implicaciones del modelo de *mejores prácticas* para la transferencia de políticas de movilidad, en primera instancia, es posible observar que el concepto de movilidad sustentable se posicionó en la agenda pública internacional y se convirtió en el discurso hegemónico a partir del cual se diseñaron, implementaron y financiaron políticas públicas de movilidad. En segundo lugar, por las

características técnicas, fácilmente adaptable a distintos contextos urbanos; los bajos costos y tiempos de implementación comparados con otros sistemas de transporte público masivo; además de presentar un modelo organizacional innovador que permite operar a través de un esquema público-privado; el sistema BRT apareció como una respuesta accesible para atender diversos problemas relacionados con el transporte: En AL mejorar la calidad del transporte público, en las grandes ciudades reducir los niveles contaminación atmosférica y en EU fomentar el cambio modal para reducir el uso del automóvil.

Este modelo de *mejores prácticas* ampliamente promovido en AL se centra en mejorar la infraestructura y la calidad del servicio de transporte público ofrecido y aunque en el discurso se habla de mejorar la movilidad de las personas y las ciudades, al enfocarse solamente en la innovación tecnológica del transporte y la renovación de la infraestructura vehicular, las soluciones que se han implementado se convierten en medidas paliativas, por lo cual es necesario entender y atender los problemas de movilidad cotidiana partir de todos sus componentes y no sólo enfocarse en el transporte público. La gestión integral de la movilidad requiere vinculación con las políticas de planificación territorial, considerar las características urbanas existentes, además de incorporar las necesidades de los distintos usuarios del transporte tanto motorizado como no motorizado y los costos reales de las distintas opciones de transporte público que pueden existir.

Miralles-Guasch & Cebollada (2003) señalan que las políticas de movilidad y transporte sólo pueden ser efectivas cuando se relacionan con la planificación territorial y urbana ya que la organización de la ciudad influye directamente en las pautas y características de la movilidad. La distribución modal del transporte motorizado ya sea privado o público, así como la proporción de peatones y ciclistas son el resultado de las políticas urbanas que organizan el espacio y priorizan medios de transporte y por lo tanto cada modelo de ciudad requiere un modelo de movilidad (p.18)

EL modelo de *mejores prácticas* omite el contexto de implementación y propone soluciones únicas a entornos diversos, sin embargo, la eficacia de los transportes depende de las necesidades y características de cada ciudad, motivo por el cual las políticas públicas deben considerar características como la densidad urbana, por ejemplo el modelo de ciudad extendida

y de baja densidad favorece el uso del vehículo privado y reduce la posibilidad de ofrecer transporte colectivo porque la demanda y la cobertura territorial difícilmente encuentran un punto de equilibrio. (Miralles-Guasch & Cebollada, 2003).

En países como Brasil, Argentina, Chile y México las ciudades extendidas obedecen a los acelerados procesos de urbanización que ocurrieron durante la segunda mitad del siglo XX. La continua necesidad de vivienda rebasó la capacidad del Estado y nuevas zonas habitacionales de vivienda informal crecieron a través de la autoconstrucción, en lotes obtenidos mediante procesos de invasión o adquiridos de manera informal. La informalidad no sólo afecta la calidad de la vivienda, sino también su localización, el crecimiento de las ciudades ocurrió sin una lógica de planeación urbana y con asentamientos caracterizados por la carencia de servicios básicos como agua, drenaje y transporte (Calderón & Castells, 2019; Duhau, 1998; Portes & Roberts, 2005).

A diferencia de lo que señala Tiebout (1956), que el lugar de vivienda se selecciona con base en una elección racional que se determina de acuerdo con las preferencias de los individuos y el tipo de servicios que ofrece una zona, ej. cercanía o tipo de escuelas para las familias con hijos en edad escolar; accesibilidad a transporte público; etc. En las ciudades latinoamericanas este supuesto no necesariamente se cumple, el proceso de urbanización y consolidación de las zonas habitacionales y la elección del lugar de residencia se relaciona mucho más con el valor del suelo urbano y el poder adquisitivo de cada familia: la mayoría de las personas que viven en la periferia lo hacen porque es el lugar que pueden pagar (Arango, 2010). Por lo tanto, para mejorar la calidad de la movilidad cotidiana no basta con incrementar la infraestructura de transporte, si las políticas de movilidad no se acompañan de políticas públicas que regulen el precio del suelo, seguirá existiendo una desconexión entre el modelo de ciudad y el modelo de movilidad.

En México, el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN)<sup>5</sup> señala que la implementación de sistemas BRT deben estar considerados dentro de programas de

---

<sup>5</sup> El FONADIN es un fideicomiso creado por el gobierno federal para financiar, principalmente, proyectos de transporte urbano en ciudades con más de 500,000 habitantes a través del Programa de Transporte Masivo (PROTRAM). Los apoyos otorgados son de tipo recuperable o apoyos no recuperables hasta el 50 %. Este programa es financiado por el Banco Mundial, por lo cual uno de los principales requisitos es que se lleven a cabo licitaciones

ordenamiento territorial, de transporte o planes de desarrollo, además incorporar acciones e inversión en infraestructura complementaria, tales como ciclovías, estaciones de transferencia modal, ampliación de banquetas, semaforización, rehabilitación de parques, alumbrado público y señalización. En Colombia y Brasil los planes de política territorial, sectoriales de movilidad y planes de desarrollo elaborados en el periodo que comprende de 1995 a 2015 muestran un aumento en la incorporación del concepto de planeación y gestión de la movilidad, no obstante, las propuestas se enfocan en la oferta de infraestructura urbana para el transporte público y los sistemas no motorizados (Ardila Pinto & Villamizar-Duarte, 2018). Esto podría refutar el argumento de que en el modelo de *mejores prácticas* no se fomenta la relación entre las políticas de movilidad y las políticas de planeación urbana, sin embargo, la calidad y funcionalidad de la infraestructura construida es deficiente en términos de movilidad además de omitir la experiencia y necesidades de las personas dentro del diseño de estas políticas públicas.

Adicionalmente, diversos estudios evidencian que no existe integración más allá de enunciar los sistemas BRT como parte de la estrategia de planeación urbana, por ejemplo Bogotá, el caso de éxito que permitió el desarrollo del modelo de *mejores prácticas*, hoy presenta graves problemas de integración modal, altas tasas de accidentabilidad, bajas velocidades de circulación, sobrecarga del sistema Transmilenio, además de deficiencias en la calidad de la infraestructura vial y peatonal (Ardila Pinto & Villamizar-Duarte, 2018; Montero, 2017).

Gran parte de las acciones e infraestructura para movilidad no motorizada, promovidas dentro del modelo de *mejores prácticas* (que han servido para posicionar los BRT como una política pública exitosa), como la Ciclovía en Bogotá, Muévete en Bici en CDMX y la infraestructura ciclista que se construye en torno a los corredores de BRT, tienen un carácter recreativo, pero no logran conectar orígenes y destinos de las personas, aun cuando permiten la ocupación del espacio público, no cumplen una función dentro del modelo de movilidad cotidiana. Incluso, obras como los carriles mixtos, compartidos por el transporte público y los

---

internacionales para el otorgamiento de las concesiones, además se privilegia la inversión en BRT's sobre cualquier otro tipo de transporte.

ciclistas, son ineficaces debido a las diferentes velocidades de circulación que pueden alcanzar ambos modos, estos carriles realmente priorizan el transporte motorizado.

En las políticas de planeación territorial y transporte donde se insertan los sistemas BRT predomina un enfoque técnico, aunque se observa un avance en el reconocimiento de personas con movilidad reducida, peatones y ciclistas, las acciones se centran en la oferta de infraestructuras con base en estudios origen-destino, pero más allá de la forma urbana y la oferta de transporte, las necesidades de desplazamiento no son únicas ni genéricas sino que dependen de las características individuales y colectivas de los ciudadanos. Una gestión integral de la movilidad debe incorporar las necesidades de los distintos grupos demográficos y elementos en función de las prácticas cotidianas y experiencia de los usuarios (Ardila Pinto & Villamizar-Duarte, 2018; Miralles-Guasch & Cebollada, 2003).

De acuerdo con Banister (2011), en los últimos 50 años el diseño y planeación de los sistemas de transporte público ha priorizado la reducción en el tiempo de viaje a través de mejoras en el diseño en los trenes, autobuses y estaciones para que los usuarios de transporte público ocupen su tiempo de manera más efectiva; así como la simplificación en los sistemas de pago. Sin embargo, Rincón-García, Navarro-Gómez, Alvarado-Valencia-Aguirre-Mayorga-Salazar-Arrieta (2016) han demostrado que los factores que son importantes desde el punto de vista técnico, no necesariamente lo son para el usuario. De acuerdo con sus estudios, para la mayoría de los usuarios de transporte público el tema ambiental no tiene relevancia; la comodidad en los autobuses, la confiabilidad en el servicio, la tasa de accidentes y el nivel de incidencia delictiva son más importantes para la elección modal de los usuarios en Latinoamérica que el ahorro en el tiempo de viaje.

Finalmente, un argumento que ha sido determinante para favorecer la implementación de BRT's es que estos sistemas pueden competir con sistemas ferroviarios en términos de capacidad a una fracción del costo y tiempo de implementación (Suzuki, et al, 2013; Wright & Hook, 2007). No obstante, aunque aún existe poca evidencia, estudios críticos del modelo BRT señalan que la evaluación de costos que se realiza actualmente no es la adecuada debido a que en el largo plazo este tipo de sistemas requieren mayores inversiones monetarias en la operación y mantenimiento ya que los autobuses tienen una vida útil de 10 años y, en función del tipo de

suelo, el carril de circulación puede requerir inversiones recurrentes y los autobuses renovación constante de neumáticos. Además, el costo real de los transportes, en sincronía con el enfoque de sustentabilidad, debería considerar el costo social y ambiental e incorporar variables como el consumo de recursos naturales no renovables, el impacto visual de las infraestructuras y la contaminación acústica, entre otras, al considerar estos elementos, los costos de transporte deben incluir desde la creación del vehículo hasta que se destruye y no sólo mientras se encuentra en funcionamiento (Filipe y Macário, 2013; Miralles-Guasch & Cebollada, 2003; Nikitas & Karlsson, 2015).

### **Conclusiones**

El modelo de *mejores prácticas* para la transferencia de políticas que se gesta a partir de la experiencia de éxito de los sistemas BRT en Bogotá se centra en la factibilidad de inversión del transporte público, aun cuando el discurso que los organismos de cooperación internacional y los *think tanks* elaboraron en torno a los sistemas BRT proponga que es una política pública que permite gestionar de manera integral, a partir del enfoque de la sustentabilidad, los problemas de movilidad en una ciudad.

Cronológicamente el momento en que los estudios de movilidad cotidiana cobran auge, coincide con la agenda del desarrollo sostenible y genera las condiciones para el surgimiento de la corriente de movilidad sustentable, la cual plantea, entre otros propósitos, crear condiciones para incrementar el uso del transporte público y los modos no motorizados, además de reducir el uso del automóvil en los traslados cotidianos. A su vez, el concepto de movilidad sustentable permitió que las políticas de movilidad que se desarrollaron en Bogotá a principios del siglo XXI se posicionaran como ejemplos *mejores prácticas* pues se presentaron como una solución plausible a una multiplicidad de necesidades: mejorar las condiciones de transporte en AL, reducir la emisión de gases de efecto invernadero en las grandes ciudades, encontrar nuevos modelos organizacionales que promovieran la inversión en infraestructura de transporte público y permitió alinear los objetivos de múltiples actores relacionados con el diseño e implementación de políticas públicas.

A pesar de las críticas que ha recibido desde la academia, el modelo de *mejores prácticas* para la transferencia de políticas públicas se ha convertido en un mecanismo ampliamente

favorecido por los tomadores de decisión y organismo multilaterales. Dentro del marco de análisis de movilidad, este modelo omite el contexto y por lo tanto la relación causal entre estructura urbana y dinámica de movilidad porque sugiere que los problemas de movilidad se pueden corregir con la implementación de un sistema de transporte, a pesar de que no se considera la dinámica de movilidad de toda la ciudad. Además, al observar el problema de la movilidad a partir de un enfoque ambiental, se tergiversa el objetivo principal de renovar el transporte público en AL, que consiste en atender los problemas relacionados con la mala calidad de la infraestructura y el servicio que se ofrece a los usuarios. Fomentar el cambio modal, tampoco es prioritario porque ya es el medio de transporte usado por alrededor del 70 por ciento de la población en nuestras ciudades y en muchas de ellas el sistema no tiene la capacidad técnica para atender la demanda.

El modelo de *mejores prácticas* al proponer soluciones únicas u homogéneas no permite ni entender ni gestionar de manera integral los problemas de movilidad de las ciudades. Al omitir el contexto y con ello las particularidades urbanas, no vincula las políticas de movilidad con las de planificación territorial. Tiene un enfoque predominantemente técnico y por lo tanto no incorpora en el diseño de políticas públicas las necesidades y experiencia los distintos usuarios de transporte público.

Cada ciudad, por sus características demográficas, orográficas y oferta de transporte requiere un modelo de movilidad específico y en algunas de ellas el sistema BRT pueden ser una opción que se integre de manera complementaria a una red de transporte público que tenga como eje articulador algún sistema de tipo férreo, o bien que sea el modelo de transporte en torno al cual se articule el sistema; pero para entender en dónde puede ser útil y bajo que función, es necesario analizar las características de los distintos tipos de ciudad en AL.

Más allá de la validación de experiencias que no consideran las diferencias entre los entornos donde se pretende implementar, para evaluar la viabilidad de una solución de política pública, se requiere un análisis integral que incorpore las características del entorno urbano, la especificidad de los problemas de movilidad en cada ciudad, un análisis costo beneficio de largo plazo, comparando los costos de implementación de los diversos sistemas de transporte público y los recursos del Estado para dar continuidad a las políticas públicas de largo plazo. Para

avanzar en este propósito, en un siguiente trabajo desarrollo una propuesta tipológica para analizar a nivel teórico qué conjunción de características urbanas favorece el uso de los distintos modos de transporte y tipos de transporte público.

### **Bibliografía**

Akitoby, B, Hemming, R & Schwartz, G, (2007). *Inversión pública y asociaciones público-privadas*. Washington D.C: International Monetary Fund.

Arango Miranda, Azucena (2010). *La periferia conurbada de la ciudad de México: Movilidad cotidiana y manejo de tiempo de la población en unidades habitacionales de Ixtapaluca*. Tesis de doctorado en Geografía, Alemania, Facultad de Matemáticas y Ciencias Naturales II, Universidad Humboldt de Berlín.

Ardila Pinto, A. M., & Villamizar-Duarte, N. (2018). Ciudad(anía) en movimiento: construcción social de instrumentos de políticas de movilidad en Bogotá y Belo Horizonte 1995-2015. *Universitas Humanística*, 85(85). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.uh85.cmcs>

Avellaneda, Paul & Lazo, Alejandra (2011). Aproximación a la movilidad cotidiana en la periferia pobre de dos ciudades latinoamericanas. Los casos de Lima y Santiago de Chile. *Revista Transporte y Territorio*, No 4, 47-58.

Avellaneda, Paul (2008). Movilidad cotidiana, pobreza y exclusión social en la ciudad de Lima. *Anales de geografía*, vol. 28, núm. 2, 9-35.

Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*. 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>

Banister, D. (2011). The trilogy of distance, speed and time. *Journal of Transport Geography*. 19(4), 950–959. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.12.004>

CAF (2011). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. Caracas. Banco de desarrollo de América Latina CAF. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/419>

- Calderón, F & Castells M (2019). *La nueva América Latina*. Fondo de Cultura Económica. Chile.
- Castells, Manuel (2017), primera edición (1974). *La Cuestión urbana. Siglo XXI*. Ciudad de México.
- Couturiel, Muriel & Islas, Víctor (1995). Transporte y movilidad en la región de Chalco. *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 10, núm. 1 (28), pp. 67-104.
- Duarte, F., & Rojas, F. (2012). Intermodal Connectivity to BRT: A Comparative Analysis of Bogotá and Curitiba. *Journal of Public Transportation*, 15(2), 1–18. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.15.2.1>
- Duhau, Emilio (1991). Gestión de los servicios urbanos en México: alternativas y tendencias, en Schteingart, Martha. *Servicios urbanos, gestión local y medio ambiente*. El Colegio de México, pp 88-108.
- Duhau, Emilio (1998). *Habitad popular y política urbana*. Miguel Ángel Porrúa y Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Dussauge Laguna, M. I. (2012). La transferencia de políticas como fuente de innovación gubernamental: promesas y riesgos. *Estado, Gobierno, Gestión Pública, Revista Chilena de Administración Pública*, No 19, 51–79.
- Eibenschutz, Roberto & Goya Carlos, Coord. 2009. *Estudio de la integración urbana y social en la expansión reciente de las ciudades en México 1996-2006*. México: Secretaría de Desarrollo Social y Universidad Autónoma Metropolitana. Coeditado con la H. Cámara de Diputados LX Legislatura.
- Figuroa, Oscar (2005). Transporte urbano y globalización. Políticas y efectos en América Latina. *Revista eure*, vol. XXX, núm. 94, 41-53.
- Filipe, L. N., & Macário, R. (2013). A first glimpse on policy packaging for implementation of BRT projects. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 150–157.

- Graizbord, B. & Santillán, M. (2005). Dinámica demográfica y generación de viajes al trabajo en el AMCM: 1994-2000. *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 20, núm. 1 (58), 71-101.
- Gutiérrez, A. (2013). ¿Qué es la movilidad? Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte. *Bitácora Urbano Territorial*, 21 (2), 61–74.
- Islas Rivera, Víctor (2000). *Llegando tarde al compromiso: La crisis del transporte en la ciudad de México*. México. El Colegio de México.
- Jaramillo, Samuel (2009). *Hacia una teoría de la renta del suelo urbano*. Bogotá, Universidad de los Andes, Facultad de Economía.
- Kaufmann, V. (2009). Mobility: trajectory of a concept in the social sciences. In T. Mom, G, Gordon, P (Ed.). *Mobility in history. The state of the art in the history of transport, traffic and mobility*, pp. 41–60, Editions Alphil.
- Leal, Mónica & Bertini, Robert (2003). *Bus rapid transit: an alternative for developing countries*. Institute of Transportation Engineers, Washington.
- Lizárraga, Carmen (2006). Movilidad urbana sostenible: Un reto para las ciudades del siglo XXI. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 22, pp. 283-321.
- Majone, Giandomenico (1997). *Evidencia, argumentación y persuasión en la formulación de políticas*. México: Fondo de Cultura Económica- Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública.
- Merino, Mauricio (2011). Sobre la Evaluación de Políticas Públicas, en Salcedo, Roberto. *Evaluación de Políticas Públicas*. Biblioteca Básica de Administración Pública. México: EAPDF-Siglo XXI Editores, 169-184.
- Merino, Mauricio (2013). *Políticas públicas. Ensayo sobre la intervención del Estado en la solución de problemas públicos*. México. CIDE.

- Meurs, H., & Haaijer, R. (2001). Spatial structure and mobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6(6), 429–446. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(01\)00007-4](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(01)00007-4)
- Miralles-Guasch, Carmen (2002). *Ciudad y transporte: el binomio imperfecto*. Barcelona. Ariel.
- Miralles-Guasch, C., & Cebollada, Á. (2003). *Movilidad y transporte. Opciones políticas para la ciudad*. Fundación Alternativas, N 25.
- Montero, S. (2017). Worlding Bogotas Ciclovía: From Urban Experiment to International “Best Practice.” *Latin American Perspectives*, 44 No2(213), 111–131. <https://doi.org/10.1177/0094582X16668310>
- Montezuma, R. (2003). *Ciudad y transporte: La movilidad urbana*. In D. Balbo, Marcelo; Jordán, Ricardo & Simioni, Daniela (Ed.). Cuadernos de la CEPAL 88: La Ciudad Inclusiva. 175–191. Santiago de Chile: CEPAL.
- Negrete, María Eugenia (2008). Las avenidas Insurgentes y Ermita en el contexto de la movilidad urbana, en Salazar Clara Eugenia y Lezama José Luis (coords.). *Construir ciudad. Un análisis multidimensional para los corredores de transporte en la Ciudad de México*. El Colegio de México. pp. 293-351
- Nikitas, A., & Karlsson, M. (2015). A worldwide state-of-the-art analysis for Bus Rapid Transit: Looking for the success formula. *Journal of Public Transportation*, 18(1), 1–33.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. <https://digitallibrary.un.org/record/139811?ln=es#record-files-collapse-header>
- Pardo, Carlos Felipe (2009). *Los cambios en los sistemas integrados de transporte masivo en las principales ciudades de América Latina*. Santiago de Chile, CEPAL

- Portes, Alejandro & Roberts, Bryan (2005), The free market city: Latin American urbanization in the years of the neoliberalism experiment. *Studies in Comparative International Development*, Vol. 40, No. 1, pp 43-82.
- Porto de Oliveira, O, Osorio, C, Montero, S & Da Silva, C (2020). *Latin America and Policy Diffusion from import to export*. Routledge. New York
- Rincón-García, N., Navarro-Gómez, D. L., Alvarado Valencia, J. A., Aguirre-Mayorga, H. S., & Salazar-Arrieta, F. (2016). BRT and bus users quality expectations regarding metro design. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*, 39, 412–422. <https://doi.org/10.21311/001.39.4.51>
- Salazar, Clara & Ibarra, Valentín (2006). Acceso desigual a la ciudad y movilidad, en Álvarez Lucia, *Democracia y Exclusión, caminos encontrados en la Ciudad de México*. UAM-Azcapotzalco, México.
- Satterhwaite, David (1998). ¿Ciudades sustentables o ciudades que contribuyen al desarrollo sustentable? *Estudios Demográficos y Desarrollo Urbano*, vol. 13, núm. 1 (37), pp. 5-47.
- Silva Ardila, D. (2020). Global policies for moving cities: the role of think tanks in the proliferation of Bus Rapid Transit systems in Latin America and worldwide. *Policy and Society*, 39(1), 70–90. <https://doi.org/10.1080/14494035.2019.1699636>
- Sorensen, E & j, Torfing (2009). Making governance networks effective and democratic through metagovernance. *Public Administration* 87, 234-258. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9299.2009.01753.x>
- Suzuki, H., Cervero, R., & Iuchi, K. (2013). *Transforming cities with transit. Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban development*. In Urban development series. Washington. The World Bank.
- Tiebout, C. M. (1956). A Pure Theory of Local Expenditures. *Journal of Political Economy*, 64(5), 416–424. <https://doi.org/10.1086/257839>

Verhetsel, A., & Vanellander, T. (2010). What location policy can bring to sustainable commuting: An empirical study in Brussels and Flanders, Belgium. *Journal of Transport Geography*, 18(6), 691–701. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.11.003>

Whitelegg, John (1997). *Critical Mass. Transport, Environment and society in the twenty-first Century*. Chicago. Pluto Press

Wright, L., & Hook, W. (2007). *Bus Rapid Transit planning guide*. ITDP. [www.itdp.org/index.php/microsite/brt\\_plannin](http://www.itdp.org/index.php/microsite/brt_plannin)

## **2 Tipología de las ciudades latinoamericanas para el análisis de políticas públicas de movilidad**

### **Introducción**

Durante el siglo XXI organismos multilaterales como el Fondo Monetario Internacional (FMI), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial (BM) han promovido la implementación de políticas públicas de movilidad, que han sido calificadas como ejemplos de mejores prácticas. El caso emblemático en políticas de transporte público es el de los sistemas tipo Bus Rapid Transit (BRT), que, a partir de su implementación en Bogotá, en el año 2000, ayudó a que se impusieran como una opción innovadora y económica para atender los problemas de movilidad y los retos que representa la inversión en transporte público. Actualmente, más de 170 ciudades ubicadas en 43 países de los cinco continentes, cuentan con al menos una línea de BRT en operación (BRT+ Centre of Excellence & EMBARQ, 2021).

El modelo de mejores prácticas, ampliamente utilizado para la gestión de políticas públicas de movilidad, supone que una política que funcionó en un entorno puede ser aplicable en otro porque los resultados han sido validados en una situación real, sin embargo, desde la academia ha sido cuestionado, dada la dificultad que implica que una política sea replicada con resultados satisfactorios si no se consideran las diferencias del contexto político-social entre el lugar donde surgió y el lugar donde se va a implementar (Dussauge, 2012; Montero, 2017).

Los sistemas BRT se han expandido de manera particular en los países emergentes del llamado “sur global”. Una explicación de la expansión geográficamente concentrada de esta política de transporte obedece a que el discurso difundido por los organismos promotores de estos sistemas sostiene que los BRT suponen la opción financiera más viable para invertir en la modernización del transporte público (Suzuki, et al, 2013; Wright & Hook, 2007). Cuando se prioriza un enfoque económico en la toma de decisiones para la implementación de políticas públicas, sin considerar las condiciones de movilidad de cada ciudad, las características del entorno urbano y la especificidad de los problemas que se pretende atender, se corre el riesgo de agudizar los problemas asociados al transporte público, tal como como sucedió en los casos de Bogotá, Colombia y Santiago de Chile.

La propuesta de este texto consiste en incorporar al análisis las variables del entorno urbano que mayor influencia tienen en la dinámica de movilidad de una ciudad. Para explorar cuál es la conjunción de características urbanas que permitiría que un sistema BRT sea viable en una ciudad, primero es necesario analizar, a nivel teórico, cómo influyen las características urbanas en la factibilidad de los diversos modos de transporte.

Para este propósito en el primer apartado se problematizan los argumentos económicos que influyeron en el auge de los sistemas BRT y las consecuencias que ha implicado esta estrategia en algunas ciudades de AL. Se expone la relación entre la planificación y la estructura urbana en el modelo de movilidad de distintas regiones a nivel mundial, con el propósito de fundamentar por qué el análisis que se presenta en este texto se limita a las ciudades latinoamericanas.

En la segunda parte de texto se revisa a nivel teórico cómo las variables del entorno urbano influyen en el modelo de movilidad, así como en la viabilidad de diversos modos de transporte y tipos de transporte público.

Finalmente, con base en el tamaño de población, la densidad demográfica, la estructura urbana y la red vial, variables descritas en la sección previa, se propone una tipología para analizar de manera general cómo la configuración urbana favorece el uso de los distintos modos de transporte y conocer en qué entornos o conjunción de características urbanas se favorece el uso de los distintos tipos de transporte público, tanto los de capacidad semimasiva, tipo BRT, así como los de capacidad masiva, tipo férreos como el metro.

## **2.1 Relación entre las políticas desarrollo urbano y el modelo de movilidad**

El discurso de la viabilidad financiera fue determinante para la expansión de los sistemas BRT, particularmente en las ciudades latinoamericanas, pues los organismos promotores de estos sistemas lo presentaron como una solución plausible para los problemas de transporte público en los países emergentes ya que podía sustituir a los sistemas ferroviarios, en términos de capacidad, a una fracción del costo y tiempo de implementación (Suzuki, et al, 2013; Wright & Hook, 2007).

Desde la perspectiva de políticas públicas, los análisis costo beneficio (ACB) permiten clasificar las alternativas en términos de eficiencia clásica. No obstante, Vining y Weimwer (2006) sostienen que, cuando cualquier otro objetivo que no sea la eficiencia es relevante, el problema de política se convierte en un problema con múltiples objetivos. En estos casos los ACB proporcionan información para evaluar alternativas, pero no se pueden constituir como la principal regla de decisión. En el caso de las políticas públicas de movilidad y transporte, Miralles-Guasch & Cebollada (2003) sostienen que estas sólo serán eficaces cuando se adecuan al modelo de movilidad que cada ciudad requiere, principio que es ignorado sistemáticamente en el modelo de mejores prácticas. Por otro lado, al priorizar un enfoque de ACB al buscar soluciones de problemas con múltiples objetivos, se corre el riesgo de que la “solución” origine o agudice problemas de movilidad asociados al transporte público.

En Santiago de Chile, por ejemplo, el sistema (Transantiago) presentó problemas de diseño de origen. Las maniobras vehiculares en los tramos donde las calles son muy estrechas se complicaron debido a la incorporación de autobuses articulados<sup>6</sup>. Además, con la reestructuración de rutas de transporte y eliminación de vehículos de baja capacidad se redujo la cobertura de transporte, particularmente en las zonas periféricas con baja densidad, por lo que el número de transferencias, el costo y el tiempo de los traslados cotidianos se incrementaron con la implementación de Transantiago (Avellaneda & Lazo, 2011).

En Colombia se siguió una estrategia nacional que incluía la implementación de sistemas BRT en las ciudades colombianas con más de 600,000 habitantes. Conviene destacar el caso de Cali que, con más de 2 millones de habitantes, presenta una problemática asociada al transporte público con características muy particulares y distintas a las que se manifiestan en Bogotá, que, con más de 9 millones de habitantes, enfrenta dinámicas de las grandes ciudades, entre las que destaca el volumen de viajes que se realizan cotidianamente. La política de transporte impulsada desde el nivel nacional no consideró estas diferencias y se implementaron autobuses articulados de plataforma alta porque era el tipo de vehículos utilizados en Bogotá y Curitiba, aun cuando

---

<sup>6</sup> Los autobuses articulados, con capacidad para 160 pasajeros, en función de la marca que se emplee, tienen dimensiones de 18 a 18.5 m de largo, de 2,5 a 2.6 m de ancho y de 3.2 a 3.8 m de alto (CTS EMBARQ México, 2015). circulan sobre carriles exclusivos que deben ser reforzados constantemente para soportar el exceso de peso de este tipo vehículos y requieren la construcción de estaciones donde los autobuses recogen a los pasajeros a una altura de un metro sobre el nivel del carril (Gómez Cárdenas, 2013).

los autobuses de plataforma baja<sup>7</sup> eran los adecuados para atender la demanda de transporte público en Cali. En consecuencia, se incurrió en sobrecostos<sup>8</sup> y sobretiempos de construcción. Adicionalmente, la baja cobertura territorial que ofrecía el sistema provocó que los usuarios regresaran a los sistemas tradicionales de transporte público que pretendía sustituir el BRT (Gómez Cárdenas, 2013).

En México se adoptaron sistemas BRT desde el año 2003. En horas de máxima demanda (HMD), particularmente en las zonas metropolitanas más pobladas (como Monterrey, Guadalajara, Puebla y León) estos sistemas enfrentan una paradoja: a menor frecuencia de autobuses mayor velocidad; sin embargo, al reducir las frecuencias se saturan los autobuses, por otro lado si se aumenta la frecuencia de autobuses se reduce la velocidad, por lo cual en estos horarios es común observar una fila de autobuses que circulan muy por debajo de la velocidad establecida para estos sistemas. En ambos casos se crean condiciones para que los usuarios de transporte público regresen al uso de transporte privado o al transporte público de baja capacidad (Rosas Gutiérrez & Chías Becerril, 2020).

El discurso mediante el que se ha promovido la expansión de los BRT a nivel mundial sostiene que este tipo de sistemas puede competir con los sistemas férreos (Metro, tren rápido, etc.) en términos de capacidad. Sin embargo, en ciudades como Bogotá, Sao Paulo y Ciudad de México, alrededor de 10 años después de haber adoptado el sistema, se analiza la posibilidad de sustituir líneas de BRT por líneas de metro debido a que, ante la necesidad de incorporar un mayor número de vehículos para atender la demanda e incrementar la frecuencia de paso, se ha reducido de la velocidad de circulación y, en ocasiones, incluso ha colapsado el sistema (Rosas Gutiérrez & Chías Becerril, 2020).

En las últimas décadas, los BRT han sido un claro ejemplo de la transferencia de políticas de transporte a partir del modelo de mejores prácticas. Existen otros ejemplos en el área de

---

<sup>7</sup> Los autobuses de plataforma baja (según su diseño, permiten transportar entre 50 y 100 pasajeros) corresponden a una tecnología utilizada hace más de 30 años en ciudades europeas, tienen la entrada a nivel de piso por lo que no requieren estaciones especiales y su peso permite la circulación sobre carriles ya existentes, por lo cual requieren una inversión mucho menor respecto a los sistemas BRT que emplean autobuses articulados o biarticulados (Gómez Cárdenas, 2013).

<sup>8</sup> En Cali el costo de implementación del sistema se estima en más de \$ 13 millones por km, cuando el costo promedio de los sistemas BRT es de \$1 a \$6 millones de dólares. Para los sistemas férreos de alta capacidad, como el metro, la inversión se estima en alrededor de \$10 millones de dólares por km (Gómez Cárdenas, 2013).

políticas de movilidad que también han sido promovidas a partir de este modelo, con resultados similares. Las ciclovías y los sistemas de bicicleta pública han sido implementados en múltiples ciudades sin considerar si los lugares donde se ponen en funcionamiento cuentan con las condiciones climáticas, orográficas o viales para realizar este tipo de desplazamientos (Montero, 2017). Antes de implementar una política que se ha puesto de moda porque resultó exitosa en otros contextos, es necesario analizar por lo menos tres aspectos: 1) la estructura urbana; 2) la oferta de transporte; y 3) la articulación de la oferta de transporte con las posibilidades reales de desplazamiento en modos no motorizados, con las distancias a recorrer y con el grado de multifuncionalidad de cada ciudad (Gómez Cárdenas, 2013; Miralles-Guasch & Cebollada, 2003).

La planificación y la estructura urbana influyen en las pautas de movilidad de cada ciudad. En los países donde la planificación urbana ha priorizado los modos de transporte colectivo (tales como los sistemas férreos, autobuses, ferrocarriles, etc.), la densificación de las ciudades es mayor. Se trata de un modelo de desarrollo urbano común en ciudades asiáticas y europeas. En el extremo opuesto, donde se ha priorizado la movilidad individual a partir de la construcción de grandes infraestructuras viales, el uso del automóvil ha favorecido la configuración de ciudades difusas y con baja densidad. Este modelo de desarrollo urbano es típicamente observado en las ciudades de Estados Unidos. En contraste con estos dos casos, las ciudades latinoamericanas presentan una desarticulación entre el modelo de movilidad y la forma urbana. Esto es así porque las políticas de planeación tradicionalmente han favorecido el uso del espacio público para los viajes en automóvil, aun cuando la mayor parte de la población se traslada cotidianamente en transporte público. Esta situación, además de resultar paradójica, ha conformado ciudades extensas y con baja densidad (Montezuma, 2003).

Los procesos de desarrollo urbano diferenciados que hemos descrito permiten entender la relación que cada región entabló con el transporte público y su vínculo con el modelo de movilidad. Las políticas de planeación urbana que ha mantenido Estados Unidos fomentan el uso del automóvil como principal medio de transporte, pues gran parte del gasto público se destina a infraestructura vial (Glaeser & Kahn, 2005, p. 2506). En promedio, más del 85% de

los viajes cotidianos se realiza en automóvil<sup>9</sup> (CAF, 2011). De acuerdo con autores como Garret & Taylor (1999) y Banister (2011), los usuarios de transporte público en las ciudades norteamericanas son, en su mayoría, provenientes de grupos sociales minoritarios y vulnerables (niños, adolescentes, adultos mayores, personas en situación de pobreza o con alguna discapacidad que les impida manejar) que no pueden acceder a un automóvil como medio de transporte.

En muchas ciudades de Europa, como Copenhague, el diseño e implementación de rutas de transporte masivo, como el ferrocarril, ha servido para orientar y controlar el crecimiento urbano sobre los corredores deseados. En estos casos los medios de transporte masivo se convierten en orientadores del desarrollo urbano y no en soluciones *expost* de problemas ya existentes como sucede en AL. Además, las políticas de planeación urbana y de transporte han favorecido el transporte público y los modos no motorizados a partir de una mezcla de políticas públicas: la inversión en infraestructura favorable a la intermodalidad; desincentivar el uso del automóvil privado, instalando reductores de velocidad, fijando altos costos de estacionamiento e inclusive estableciendo zonas donde se prohíbe el uso del automóvil (López Moreno, Halfani & Jensen, 2013).

En las ciudades de AL los procesos de urbanización acelerada que tuvieron lugar en la segunda mitad del siglo XX y que se desarrollaron en paralelo a los procesos tardíos de industrialización, derivaron en efectos como las altas tasas de concentración de la población en el empleo informal y en un Estado fundamentalmente ausente de la planeación urbana, que ha generado condiciones propicias para la expansión urbana<sup>10</sup> (Calderón & Castells; Ford, 1996; Lezama 2010). Como ya se mencionó, la falta de articulación entre la planeación urbana y el modelo de movilidad en AL ha llevado a situaciones paradójicas donde se priorizan la inversión

---

<sup>9</sup> Ciudades como New York, San Francisco y Washington DC son casos excepcionales donde menos de la 50% de los viajes cotidianos se realizan en automóvil particular, pero con 29%, 46% y 43% respectivamente, la tasa sigue siendo muy alta en comparación con las ciudades latinoamericanas.

<sup>10</sup> El término expansión urbana describe entornos de construcción y patrones de asentamiento de baja densidad, dispersos, de un solo uso y dependientes del automóvil, este tipo de urbanización fomenta la segregación. Una característica fundamental de la expansión descontrolada es la separación física de las diversas actividades cotidianas, p Ej. La vivienda se encuentra aislada del empleo, las escuelas, los hospitales, las actividades comerciales, etc., lo que conduce a viajes cada vez más largos. La expansión es sinónimo de patrones de crecimiento urbano poco planificados, que requieren que se realicen mayores porcentajes de viajes en modos motorizados en distancias cada vez más largas (Arango, 2010; Inostroza, Baur, & Csaplovics, 2013; Tsai, 2005)

en infraestructura y el uso del espacio público para la circulación de vehículos privados, al tiempo que la mayoría de la población (70%) emplea el transporte público para realizar sus traslados cotidianos (Avellaneda & Lazo, 2011; Graizbord & Santillán, 2005). En ciudades como Montevideo, Uruguay y Rio de Janeiro, Brasil el uso del transporte individual motorizado es menor al 20%.<sup>11</sup>

La transferencia de políticas de transporte a partir del modelo de mejores prácticas no es suficiente. En algunas ciudades los sistemas adoptados pueden ayudar a mejorar la calidad de la movilidad cotidiana, pero no basta el hecho de que en otro lugar haya resultado exitosa una estrategia. Para calibrar de manera más adecuada el impacto que un sistema de transporte tendrá sobre la movilidad urbana es necesario incorporar elementos del contexto y de las características urbanas al análisis. En este texto se parte de las características urbanas prevalecientes en Latinoamérica porque no sólo los contextos de desarrollo son similares, lo son también las problemáticas relacionadas con el transporte público.

## **2.2 Variables analíticas que explican el modelo de movilidad en América Latina**

La literatura pone énfasis en cómo el entorno o morfología urbana<sup>12</sup> influye directamente en la dinámica de movilidad y en la elección de los modos de transporte (Miralles-Guasch & Cebollada, 2003; Montezuma, 2003; López Moreno, Halfani & Jensen, 2013). Mi propósito no es realizar un análisis exhaustivo de todas las variables del entorno urbano que influyen en la dinámica de movilidad, ni tampoco sobre la viabilidad de los diversos modos de transporte. Sólo se incorporan las variables que mayor influencia tienen: el tamaño de población, la densidad demográfica, la estructura urbana y la red vial, para explorar la conjunción de características urbanas que permitiría que un sistema de transporte sea viable en una ciudad. Estas variables suman elementos de análisis para la gestión de políticas públicas y van más allá de la adopción de medidas consideradas como casos de éxito, que no consideran las diferencias entre los entornos, tal como sucede con el modelo de mejores prácticas.

---

<sup>11</sup> Incluye automóvil y motocicletas.

<sup>12</sup> La morfología urbana es la expresión física del espacio construido de las ciudades, resultado de factores complejos y únicos, tales como la evolución histórica del tejido urbano, los determinantes naturales y los procesos que lo conforman (Álvarez de la Torre, 2017).

### 2.2.1 Tamaño de población

La ciudad moderna es resultado del modo de producción capitalista, es el lugar propio de la división del trabajo porque en ella interactúan la población, el capital y los instrumentos de producción. La concentración de población es entonces, la característica inherente de las ciudades y por eso el tamaño de esa aglomeración es un criterio fundamental para clasificarlas (Lezama, 2010; Whirt, 1988). Los organismos nacionales de estadística de cada país y diversos organismos multilaterales, como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cuentan con metodologías que usan criterios multidimensionales para definir zonas metropolitanas<sup>13</sup> y para clasificarlas el criterio es netamente demográfico, es decir, el número de habitantes define el tamaño las ciudades.

La OCDE (2012) define las zonas urbanas como unidades económicas funcionales, empleando variables de densidad de población y flujos de viaje al trabajo. El criterio de partida son las poblaciones que cuenten al menos con 50,000 habitantes y las clasifica en cuatro categorías: áreas metropolitanas grandes, áreas metropolitanas, áreas urbanas medias y áreas urbanas pequeñas (Ver Tabla 1).

La propuesta metodológica de la ONU (2018) analiza los criterios administrativos, demográficos y económicos de 233 países, los rangos poblacionales resultantes, permiten una mejor comparabilidad de entornos con características, dinámicas y necesidades similares. Alrededor de un 41% de las ciudades latinoamericanas cuenta con más de 1.5 millones de habitantes. De acuerdo con la clasificación de la OCDE, esto implica agrupar en la misma categoría a ciudades tan diversas como León, en Guanajuato, México (1.8 millones de habitantes) y Sao Paulo, Brasil (22 millones de habitantes). Por lo tanto, como criterio demográfico para analizar las ciudades latinoamericanas, en este texto se usarán las cuatro

---

<sup>13</sup> Para Unikel, Chiappetto & Garza (1976) “El área urbana es la ciudad misma más el área contigua edificada, habitada o urbanizada, con usos de suelo de naturaleza no agrícola y que, partiendo de un núcleo, presenta continuidad física en todas direcciones hasta que es interrumpida en forma notoria por terrenos de uso no urbano(...) Esta unidad territorial contiene dentro de sus límites el máximo de población calificada como urbana desde los puntos de vista geográfico, social y económico” (p 116). Añaden que las áreas urbanas y las zonas metropolitanas hacen referencia al mismo fenómeno y en la literatura son usadas como sinónimos.

categorías propuestas por la ONU: ciudades pequeñas, ciudades medias, ciudades grandes y megaciudades (ver Tabla 1).

*Tabla 1 Clasificación ONU y OCDE por tamaño de población*

OCDE		ONU	
Clasificación	Tamaño de población	Clasificación	Tamaño de población
Áreas Urbanas Pequeñas	≤ 200, 000	Ciudades pequeñas	≥300,000 y ≤ 1,000,000
Áreas Urbanas Mediana	≥200,000 y ≤ 500,000	Ciudades Medias	≥1,000,000 y ≤ 5,000,000
Área Metropolitana	≥500,000 y ≤ 1,500,000	Ciudades grandes	≥5,000,000 y ≤ 10,000,000
Áreas Metropolitanas Grandes	≥ 1,500,0000	Megaciudades	≥ 10,000,0000

Fuente: Elaboración propia con información de la OCDE (2012) y la ONU (2018)

Las clasificaciones de ciudad desarrolladas por la OCDE y la ONU han sido empleadas para analizar las características y los problemas de movilidad en distintas ciudades (Álvarez de la Torre, 2017; BID, 2016; Inostroza, Baur & Csaplovics, 2013). El problema con estas es que el análisis comparativo que surge de criterios poblacionales es muy limitado y los autores agregan criterios adicionales para obtener comparabilidad. Álvarez de la Torre (2017) retoma la clasificación de la ONU para aplicarla en un estudio empírico, pero, con base en atributos demográficos, geográficos y económicos, propone una metodología propia para analizar la estructura urbana de las ciudades medias mexicanas. En la literatura relacionada con la planeación urbana, los análisis asociados al tamaño de ciudad se concentran en los retos de sustentabilidad y viabilidad urbana que enfrentan las grandes ciudades y las megaciudades (Graizbord, 2007, Olcina, 2011).

El tamaño de población y el nivel de densidad poblacional son dos elementos que en conjunto permiten estimar la demanda de servicios públicos que se tiene que cubrir en un área determinada.

### 2.2.2 Densidad demográfica

Para comparar o clasificar ciudades, típicamente se utiliza la densidad demográfica que se expresa como el número de personas por hectárea o km<sup>2</sup> (ONU HABITAT, 2020). Aunque es una variable que se emplea comúnmente para caracterizar las ciudades, contrario a lo que parece no es una variable que pueda tratarse e interpretarse fácilmente. Una de las principales

complicaciones al comparar los niveles de densidad radica en el hecho de que, lo que en un entorno se considera como alta densidad habitacional, en otro podría ser considerada como baja.

Para efectos de este texto, la densidad urbana juega un papel muy importante pues se ha demostrado que, en conjunto con la estructura urbana, influye de manera determinante en la dinámica de movilidad de una ciudad y en la provisión eficiente de servicios públicos, incluida la de los servicios en red como el transporte, ya que se requiere de unos niveles mínimos de densidad poblacional para garantizar la demanda necesaria, facilitar el costo de recuperación y el mantenimiento de la infraestructura. Distintos tipos de transporte soportan diferentes niveles de densidad, de acuerdo con Whright & Hook (2010) para generar la demanda para un servicio público de transporte de calidad se requiere una densidad mínima de 2,500 hab/km<sup>2</sup>. Estudios empíricos sobre movilidad sustentable han encontrado dentro de los parámetros ideales, que las ciudades deben concentrar una población por encima de 50,000 hab, con densidad media, definida como 4,000 hab/km<sup>2</sup>, con usos de suelo mixto, por otra parte, señalan que en las ciudades con alta densidad (5,000 hab/km<sup>2</sup>) al menos el 50% de los viajes se realizan en transporte público (Banister, 2008). Sin embargo, los servicios encarecen y pueden colapsar cuando la densidad supera la capacidad de carga<sup>14</sup>, por lo cual es necesario considerar los parámetros de densidad poblacional en la planeación de políticas públicas de transporte (ver Tabla 2).

*Tabla 2 Niveles de densidad poblacional y tipo de transporte*

hab/km <sup>2</sup>	Densidad	Tipo de transporte
≤ 2,499	Baja	Autobuses de baja capacidad
≥ 2,500 y 4,999	Media	Sistemas de capacidad media (BRT)
≥ 5,000	Alta	Sistemas de alta capacidad (férreos, tipo metro)

Fuente: elaboración propia

Tomando como referencia estos niveles, en las ciudades con densidad baja, el modo de transporte más eficiente es el automóvil, las ciudades con densidad media requieren una

<sup>14</sup> La capacidad de carga de los servicios públicos hace referencia a la tasa máxima de consumo que soporta la infraestructura instalada.

combinación entre transporte público y automóvil, y en las de muy alta densidad, el único medio de transporte efectivo es el transporte público (Suzuki, Cervero, Luchi, 2014)

Estudios empíricos han encontrado que las áreas de alta densidad y baja dispersión constituyen espacios proclives a la movilidad no basada en el automóvil y favorecen los viajes cotidianos de corta duración si se acompaña de usos de suelo mixto, mientras que las ciudades con baja densidad favorecen el uso del automóvil (Aguilar & Alvarado, 2004; Arango, 2010; Graizbord & Acuña 2004).

### **2.2.3 Estructura urbana**

La estructura es la variable que mayor influencia tiene en la dinámica de movilidad de una ciudad ya que los patrones de localización de las zonas habitacionales respecto de las principales zonas de actividad económica definen la ubicación de los orígenes y los destinos y, por lo tanto, la cantidad, distancia, tiempo y costo de los viajes (Meurs y Haaijer 2001; Verhetsel & Vanellander, 2010).

Desde la aproximación teórico-analítica de la Escuela de Chicago, corriente fundadora de la sociología urbana, se desarrollaron tres modelos para analizar la estructura urbana, con base en el análisis de la distribución espacial de las distintas actividades que se desarrollan en una ciudad. Burgess elabora el modelo de los círculos concéntricos, el cual, en síntesis, propone que las ciudades se configuran a partir de círculos concéntricos, en el primero de ellos se concentran las actividades económicas, por lo cual los viajes cotidianos en una ciudad se dirigen hacia este distrito central (Park, Burgess & McKenzie, 1925). Harris y Ullman (1945) desarrollan el modelo de núcleos múltiples o de estructura polinuclear, coinciden con el modelo propuesto por Burgess y con el postulado de que las ciudades se estructuran a partir de los usos de suelo que predominan en las distintas áreas, el matiz que introducen es que la ciudad no se estructura en torno a un único distrito central sino a partir de diversos núcleos que actúan, cada uno, como centros de crecimiento (Harris & Ullman, 1945), este modelo señala que no existe un número determinado de núcleos, sino que estos dependen de las características históricas y del contexto en el que surge cada ciudad. De acuerdo con los estudios de Harris y Ullman, el surgimiento de nuevos núcleos obedece al crecimiento natural de la ciudad y se acompaña de inversión en infraestructura urbana de transporte y comunicación, con lo cual aumenta la

actividad económica. Estos modelos teóricos continúan siendo ampliamente utilizados en los estudios empíricos que analizan la estructura de las ciudades y su relación con la dinámica de movilidad. En su mayoría parten de identificar si el patrón de desarrollo urbano es monocéntrico o polinuclear. El modelo sectorial, propuesto por Hoyt (1939) se ha aplicado menos al ser una variante de la propuesta de Burgess y puntualizar que las ciudades no siguen un patrón de crecimiento en círculos perfectos sino axial.

La literatura de movilidad propone que las ciudades medianas y compactas (con densidad media y alta) con una estructura polinuclear -también llamada policéntrica- cuentan con mejores condiciones de movilidad debido a que los subcentros económicos propician los usos de suelo mixtos, así como zonas habitacionales de alta densidad, la combinación de estos factores mejoran la calidad de la movilidad, al reducir la duración y distancia promedio de los viajes es decir, las personas que habitan en estas zonas realizan viajes más cortos en tiempo y distancia que aquellas donde el uso de suelo es predominantemente habitacional y las actividades económicas se encuentran concentradas en otra áreas, lo cual obliga a la población a trasladarse entre zonas para atender necesidades básicas. Por otra parte, las ciudades de baja densidad con estructura polinuclear o policéntricas se sustentan en el uso del automóvil, debido a que conectar múltiples orígenes con múltiples destinos presenta un reto para la planeación del transporte público, por la baja demanda que se traslada en cada ruta (Aguilar & Alvarado, 2004; Arango, 2010; Graizbord & Acuña 2004; Verhetsel & Vanelslander, 2010).

La estructura monocéntrica en las ciudades medianas, donde las familias residen en la periferia y las actividades económicas se concentran en las zonas centrales, producen principalmente desplazamientos radiales, la concentración de vehículos en el centro urbano provoca congestión vial, la calidad de los viajes puede verse beneficiada si las redes de transporte público siguen el patrón radial, para incentivar su uso y desincentivar el uso de vehículos privados (López Moreno, Halfani & Jensen, 2013). Pero en las grandes ciudades, este tipo de configuración espacial favorece la expansión urbana y en las zonas periféricas se generan zonas de baja densidad, con uso de suelo predominantemente habitacional, que propicia el uso del vehículo privado y complica la oferta y cobertura de transporte público (Miralles-Guasch & Cebollada, 2003).

## **2.2.4 Red vial**

Para Dupuy (1991) la ciudad ha pasado de ser una aglomeración basada en la proximidad, a ser una red basada en la accesibilidad o conectividad. Esto significa que la cobertura de la red vial condiciona la dinámica de movilidad y que la disposición, amplitud y longitud de las vialidades jerarquizan el tránsito –tanto para el transporte motorizado como para los modos no motorizados– (Capel, 2002) e influyen el tipo de vehículos que pueden ofrecer el servicio de transporte público.

La traza urbana es la perspectiva que analiza la disposición del sistema vial de una ciudad y que, de acuerdo con la literatura, puede corresponder a alguno de los siguientes cuatro tipos: plato roto, ortogonal, radial y lineal. Aunque es común que una ciudad contenga varios tipos, existe uno predominante (Capel, 2002).

### **2.2.4.1 *Plato Roto***

El sistema de plato roto también es conocido como sistema irregular porque su traza surge sin un orden geométrico definido, las calles son sinuosas, con anchuras distintas a lo largo de su recorrido (ver Figura 1). En la literatura de planeación urbana, algunos autores como Schjetnan, Peniche & Calvillo (2004) asocian este tipo de traza a un crecimiento urbano espontáneo, carente de normatividad de planificación, mientras que otros como Capel no comparten la asociación de planos irregulares y regulares a formas de crecimiento espontáneo y crecimiento planificado respectivamente, ya que consideran que existen estudios que han evidenciado que el trazo de las calles es muchas veces resultado de la habilidad con la cual se han logrado resolver problemas complejos en ciudades con una orografía accidentada (Capel, 2002: 161).

La traza de plato roto dificulta el control del crecimiento y la planeación de la ciudad, además de que resulta confuso para la orientación de la población, dificulta el tránsito, propicia el congestionamiento vial y dificulta la jerarquización de las vialidades. En contraste, presentan la principal cualidad de facilitar los viajes peatonales (Schjetnan, et al, 2004).

#### **2.2.4.2 Ortogonal**

El plano ortogonal, también llamado reticular, se refiere a una trama vial caracterizada por una distribución en forma de cuadrícula o rectángulo (ver Figura 2). Esta forma representa el arquetipo de la planificación urbana justamente porque las formas regulares no se encuentran visibles, o son excepcionales, en la naturaleza y porque tiene un alto grado de adaptabilidad en topografías diversas (Capel, 2002).

El sistema reticular facilita el control del crecimiento urbano en la medida en la que la lotificación puede organizarse con relativa facilidad y la propia inercia del trazo predispone la continuidad de las calles. En ciudades que siguen una traza reticular la orientación es sencilla y en caso de saturación vial es fácil encontrar vías alternas. Por ello, se favorece el uso de transporte privado. Por otro lado, el elevado número de intersecciones tiende a ralentizar el tráfico y los cruces se vuelven peligrosos, especialmente si las vialidades no están bien jerarquizadas. También es común que se saturen algunas vialidades y se subutilizan otras (Schjetnan, et al, 2002).

#### **2.2.4.3 Radial**

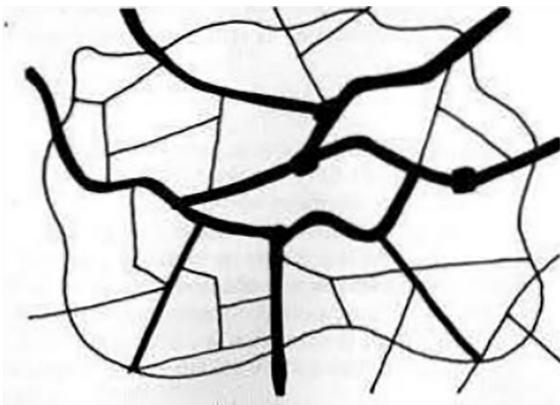
Un sistema radial es aquel en el que las vialidades se organizan en torno a un punto central y relevante de la ciudad a partir del cual surgen —en forma de radiales— las calles principales que se relacionan entre sí a partir de anillos concéntricos (ver Figura 3). Uno de los problemas más comunes que este tipo de traza presenta es que la circulación en el centro tiende a saturarse, entonces el transporte público constituye la mejor opción para acceder rápidamente al centro urbano y una circulación vial más eficiente. No obstante, para lograr un adecuado funcionamiento, el crecimiento de todo el perímetro debe mantener esta lógica y esto es difícil de lograr cuanto más nos alejamos del centro (Capel, 2002; Schjetnan, et al, 2002).

#### **2.2.4.4 Lineal**

Finalmente, el sistema lineal se estructura a partir de una vía principal y se ramifica en vías secundarias que resultan en un esquema lineal de desarrollo urbano (ver Figura 4). Nuevamente, el control del crecimiento urbano en este tipo de traza se vuelve relativamente

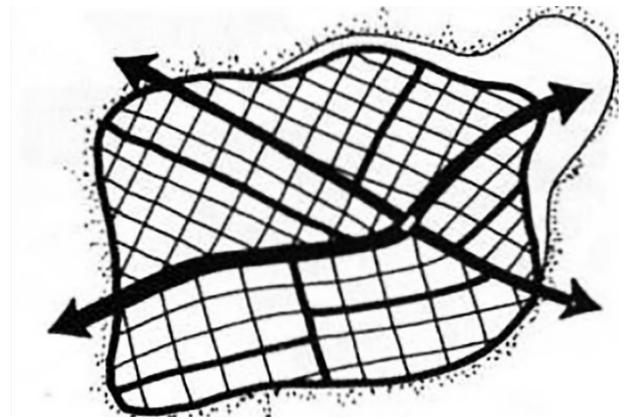
fácil en la medida en la que se pueden incorporar áreas nuevas sin modificar la estructura básica y también porque se adapta fácilmente a condiciones difíciles de la topografía. Se trata de un sistema que facilita la orientación y es el único que favorece el uso y circulación del transporte colectivo. Las limitaciones residen en que las alternativas son limitadas en caso de presentarse saturación vial (Schjetnan, et al, 2002).

*Figura 1 Red vial tipo plato roto*



Fuente: Schjetnan et al, 2004

*Figura 2 Red vial tipo ortogonal*



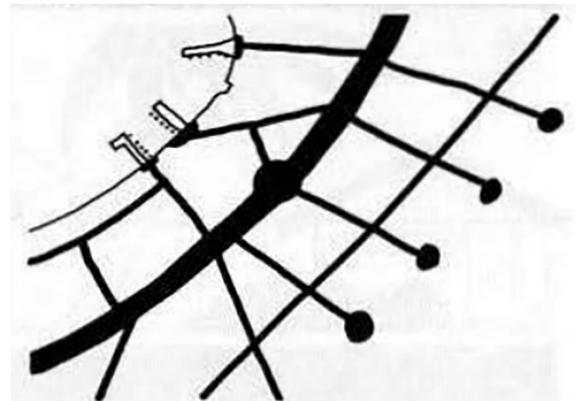
Fuente: Schjetnan et al, 2004

*Figura 3 Red vial tipo radial*



Fuente: Schjetnan et al, 2004

*Figura 4 Red vial tipo lineal*



Fuente: Schjetnan et al, 2004

## **2.3 Hacia una tipología para el análisis de las políticas de transporte en ciudades de América Latina**

Estudios recientes han abordado la relación que existe entre el éxito o viabilidad de los sistemas BRT y entorno urbano de una ciudad. A partir de un análisis casuístico, Rosas Gutiérrez & Chías Becerril (2020) examinan si en las grandes ciudades de AL los BRT realmente han logrado sustituir a los transportes masivos, además de cuestionar si en el largo plazo ofrecen ventajas económicas sobre los sistemas férreos. Por su parte, Gómez Cárdenas (2013) analiza cómo a través del modelo de mejores prácticas se diseñó la estrategia gubernamental, para implementar sistemas BRT en distintas ciudades colombianas, con la finalidad de atender los problemas de transporte público. Además, exponen que, en el caso de Cali, la política no resultó ser la más eficaz debido, entre otras razones, a la falta de adaptación de la infraestructura utilizada (autobuses, carriles y estaciones) a las características urbanas de la ciudad. Ambos estudios se centran en variables específicas tales como el tamaño de ciudad, el volumen de viajes, el tipo y la capacidad de los vehículos empleados, las características físicas, el costo de inversión y mantenimiento de la infraestructura, entre otras.

La propuesta que se desarrolla en este apartado se basa en un análisis más general sobre los modos de transporte que se adecuan a las ciudades cuando se toman en consideración sus características. Para este propósito, se presenta una tipología elaborada a partir de las cuatro variables urbanas, que se describieron previamente: tamaño de ciudad, densidad demográfica, estructura urbana y red vial. Aunque dicha tipología puede aplicarse a todas las ciudades latinoamericanas y a diversos modos de transporte, el análisis que aquí se presenta se limita a las ciudades latinoamericanas que actualmente cuentan con sistemas BRT.

En principio, las ciudades se clasificaron en pequeñas, medianas, grandes y megalópolis de acuerdo con los criterios demográficos propuestos por la ONU (2018). La densidad poblacional se clasificó en baja, media y alta, conforme rangos que fueron definidos en función del tipo de transporte que soporta cada nivel de densidad. En el caso de la estructura urbana, se retoman los modelos clásicos de la ciudad monocéntrica y la policéntrica. Posteriormente, la red vial se clasifica de acuerdo con los cuatro tipos identificados en la literatura: plato roto,

ortogonal, radial y lineal, con el fin de señalar el modo de transporte que tiende a favorecer la traza urbana de cada ciudad (ver Tabla 3).

*Tabla 3 Variables para la clasificación de ciudades latinoamericanas*

Tamaño de ciudad (Población)	Densidad (hab/km <sup>2</sup> )	Estructura urbana	Red vial
Pequeña ≥300,000 y ≤ 1,000,000	Baja ≤4,000	Monocéntrica	Plato roto
Mediana ≥1,000,000 y ≤ 5,000,000	Mediana		Ortogonal
Grande ≥5,000,000 y ≤ 10,000,000	≥4,000 y ≤ 7,000	Policéntrica	Radial
Megaciudad ≥ 10,000,000	Alta ≥9,000		Lineal

Fuente: Elaboración propia

Para fines del análisis que se presenta en este texto no es necesario definir o clasificar *a priori* la estructura urbana pues ello requiere de análisis más específicos para cada ciudad. Además, la estructura, puede variar en función de la metodología empleada para definirla<sup>15</sup>. No obstante, en la planeación urbana y en el diseño de sistemas de transporte considero indispensable incorporar esta variable debido a que marca las pautas para la configuración de la red, a fin de que exista correspondencia entre la oferta de transporte y los flujos de viajes.

### 2.3.1 Ciudades chicas con BRT

De las 55 ciudades latinoamericanas que tienen BRT (BRT+ Centre of Excellence & EMBARQ, 2021), 16 se clasifican como pequeñas debido a que tienen menos de 1 millón de habitantes, de estas, ocho ciudades presentan baja densidad, esto significa que no presentan condiciones óptimas para que los sistemas de capacidad semimasiva sean rentables. Entre las

<sup>15</sup> Por ejemplo, en el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) Graizbord & Acuña (2004) sostiene que las políticas de descentralización y el aumento de unidades habitacionales en la periferia han generado una estructura polinuclear. Por su parte Delgado & Suárez (2007), con base en un análisis gravitacional de acceso a empleos, concluyen que la ZMVM mantiene una dinámica mononuclear o monocéntrica.

ciudades que se encuentra en este caso están Chihuahua, Pereira y Uberlandia (Tabla 4). Chihuahua, por ejemplo, es una ciudad pequeña y difusa, con una red vial de tipo ortogonal (ver Mapa 1) que favorece el uso del transporte privado, estas características explican por qué el 51% de los viajes en la ciudad se realizan en automóvil (IMCO, 2019).

Entre las ciudades pequeñas y compactas se encuentran Concepción, Teresina y Guadalupe. En los tres casos, su nivel de densidad puede soportar inversión de infraestructura para transporte semimasivo; sin embargo, es necesario analizar otras características. En el caso de Teresina, por ejemplo, la red vial es de tipo plato roto (ver Mapa 2), esta conjunción de factores favorece más los viajes peatonales que el uso de transporte público y, por lo tanto, la demanda en un sistema tipo BRT tiende a ser baja.

Acapulco y Mérida, Venezuela son ejemplo de ciudades pequeñas con altos niveles de densidad. Con estas características, un sistema BRT podría funcionar como el sistema troncal de la red de transporte público en torno al cual se articulen rutas alimentadoras de baja capacidad. Previendo el crecimiento población, podrían implementarse nuevas líneas de BRT (actualmente ambas ciudades tienen sólo una línea). En Acapulco, la red vial es una mezcla entre el tipo lineal y de plato roto (ver Mapa 3). Cabe recordar que la traza lineal favorece los viajes en transporte público mientras que la de plato roto, los viajes a pie o en bicicleta. La mezcla de características que presenta Acapulco explica el hecho de que sólo un 11% de los viajes diarios en la ciudad se realiza en auto privado (IMCO, 2019).

*Tabla 4 Ciudades Pequeñas con BRT*

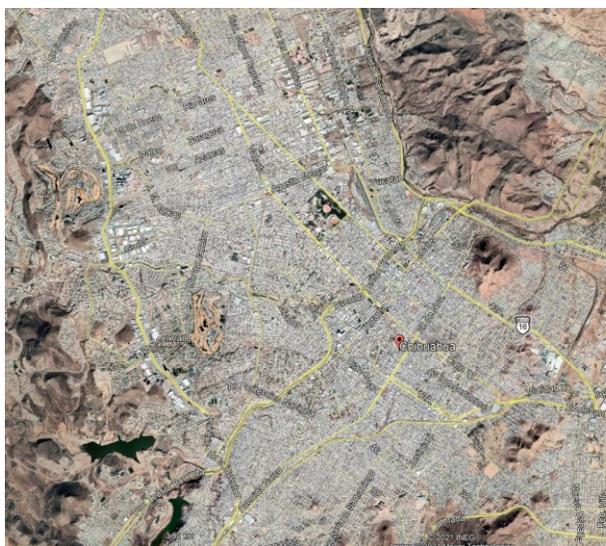
<b>Ciudades</b>	<b>País</b>	<b>Población</b>	<b>Tamaño de ciudad</b>	<b>Densidad hab/km<sup>2</sup><sup>16</sup></b>	<b>Nivel de densidad</b>
Concepción	Chile	967,758	Pequeña	4,688	Media
Chihuahua	México	925,762	Pequeña	98	Baja
Teresina	Brasil	868,075	Pequeña	4,357	Media
Acapulco	México	789,971	Pequeña	7,923	Alta
Guadalupe	México	690,600	Pequeña	4,573	Media
Uberlândia	Brasil	654,681	Pequeña	159	Baja

<sup>16</sup> La densidad empleada para la elaboración de las tablas que se presentan en esta sección del texto es la densidad neta, que se mide en función del área construida, no la densidad bruta que considera toda el área urbana, incluyendo usos no residenciales o comerciales como parques y aeropuertos y tierra no urbana que se encuentra dentro de las áreas político-administrativas que comprenden las zonas urbanas (Vaggione, 2014).

Juiz de Fora	Brasil	555,284	Pequeña	360	Baja
Londrina	Brasil	548,249	Pequeña	309	Baja
Mérida	Venezuela	516,217	Pequeña	12,000	Alta
Niterói	Brasil	513,584	Pequeña	3,850	Media
Pachuca	México	512,196	Pequeña	1,800	Baja
Pereira	Colombia	476,660	Pequeña	841	Baja
Puerto España	Trinidad y Tobago	442,579	Pequeña	3,650	Media
Uberaba	Brasil	378,013	Pequeña	72	Baja
Sumaré	Brasil	265,955	Pequeña	1,737	Baja
Criciúma	Brasil	206,918	Pequeña	1,768	Baja

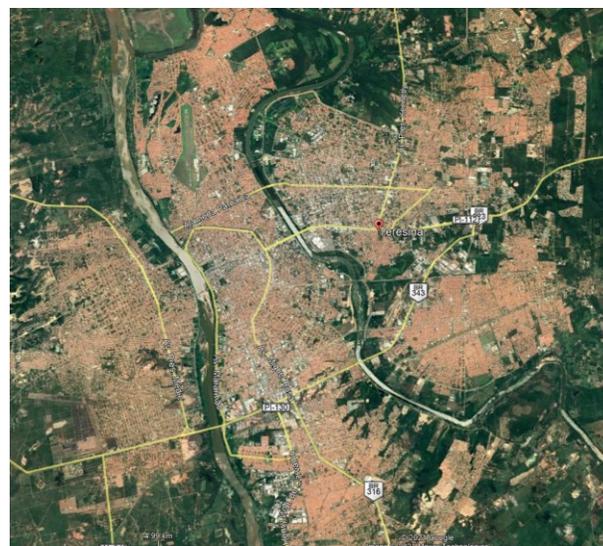
Fuente: Elaboración propia con información de BRT+ Centre of Excellence & EMBARQ, 2021 y fuentes de información de los organismos nacionales de cada país

*Mapa 1 Chihuahua, México*



Fuente: Google Earth Pro (s.f.) [Mapa de Chihuahua] Recuperado el 02 de junio, 2021

*Mapa 2 Teresina, Brasil*



Fuente: Google Earth Pro (s.f.) [Mapa de Teresina] Recuperado el 02 de junio, 2021

### *Mapa 3 Acapulco, México*



Fuente: Google Earth Pro (s.f.) [Mapa de Acapulco] Recuperado el 02 de junio, 2021

#### **2.3.2 Ciudades medianas con BRT**

Treinta de las ciudades latinoamericanas que cuentan con al menos una línea de BRT tienen entre 1 y 5 millones de habitantes y, por lo tanto, se clasifican como medianas. Las ciudades medianas con densidad media presentan las condiciones ideales para que los sistemas semimasivos, tipo BRT se constituyan como el sistema troncal de la red de transporte. Esto es así porque la demanda de viajes en la ciudad es compatible con los niveles demanda que estos sistemas pueden soportar (Rosas Gutiérrez y Chías Becerril, 2020). En principio, Puebla, Curitiba y Cali, se encuentran entre las 14 ciudades que presentan las características urbanas adecuadas para la implementación de una red de transporte público basada en sistemas BRT (ver Tabla 5).

Curitiba es una ciudad mediana con densidad media y red vial de tipo radial (ver Mapa 5), en ciudades con estructura monocéntrica este tipo de vialidad favorece el uso del transporte público porque la circulación vial tiende a saturarse en la zona central y se reducen las áreas disponibles para estacionamiento. Por lo tanto, es más fácil trasladarse en transporte público, siempre que las líneas sigan el trazo radial de la ciudad. Curitiba representa, además, un caso atípico en el contexto de AL, pues el sistema BRT se desarrolló con un enfoque de planeación urbana de largo plazo que permitió trazar y delimitar las zonas de crecimiento de la ciudad, así

como a prevenir problemas de tráfico provocados por la saturación de autobuses de baja capacidad.

Por el contrario, el caso de Cali sirve para mostrar por qué en las políticas de transporte y movilidad es tan relevante considerar las características y necesidades específicas de cada entorno. Ha pesar de ser una ciudad que teóricamente favorece el uso del transporte público, particularmente los de capacidad media, como se mencionó previamente, la implementación del sistema BRT en Cali no resultó del todo eficiente. El diseño de la red de transporte incorporó autobuses de plataforma alta, aun cuando los autobuses de plataforma baja se adecuaban mejor a la demanda de viajes, en consecuencia, el tipo de infraestructura (estaciones y carril de circulación) tampoco resultó apropiada para las características de la ciudad (Gómez Cárdenas, 2013). Este error obedece a que la política de transporte impulsada a nivel nacional contemplaba replicar el modelo que, para ese momento, había resultado exitoso en Bogotá.

Entre las ciudades medianas y dispersas se encuentran Querétaro, Cartagena, y Córdoba, debido a sus bajos niveles de densidad (ver Tabla 5). Estas ciudades ejemplifican los casos donde la población se ajusta a los niveles de demanda que puede soportar un sistema BRT, pero que pueden presentar problemas de rentabilidad debido a que la demanda de transporte público tiende a ser menor al nivel óptimo que se requiere (4,000 hab/km<sup>2</sup>). Querétaro es una ciudad media y dispersa, a este patrón de desarrollo urbano que es en sí mismo complicado para la planeación y rentabilidad de transporte público, se suma una red vial de tipo reticular (ver Mapa 4), que favorece el uso del transporte privado. Esta mezcla de condiciones permite explicar porque el 44% de los viajes diarios en esta ciudad se realiza en automóvil particular (IMCO, 2019).

Campinas, Guayaquil y Montevideo, son ejemplos de ciudades medianas con alta densidad (ver Tabla 5) y donde los BRT pueden presentar problemas de saturación. Previendo el crecimiento poblacional, en este tipo de ciudades es pertinente evaluar la implementación de un sistema férreo que en el largo plazo funcione como eje troncal del transporte público. En estos casos el objetivo no consiste en resolver problemas de transporte, sino en prevenirlos. Además, la planeación de corredores de transporte masivo sirve para guiar y controlar el

crecimiento urbano. Estos beneficios compensan los costos de infraestructura asociados a los sistemas masivos.

Campinas tiene una red vial de tipo radial (ver Mapa 6). Por su tamaño y nivel de densidad, presenta características ideales para la implementación de un sistema férreo subterráneo, que evite la saturación vial e introduzca al uso del transporte público en la zona central de la ciudad.

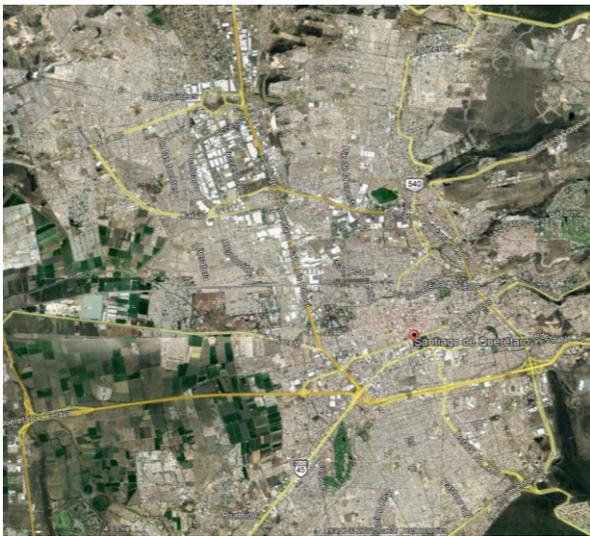
*Tabla 5 Ciudades Medianas con BRT*

<b>Ciudades</b>	<b>País</b>	<b>Población</b>	<b>Tamaño de ciudad</b>	<b>Densidad hab/km<sup>2</sup></b>	<b>Nivel de densidad</b>
Campinas	Brasil	3,264,915	Mediana	8,011	Alta
Caracas	Venezuela	3,247,971	Mediana	9,747	Alta
Puebla	México	3,199,530	Mediana	2,626	Media
Guatemala	Guatemala	3,134,276	Mediana	4,792	Media
Brasilia	Brasil	2,914,830	Mediana	4,916	Media
Guayaquil	Ecuador	2,690,000	Mediana	7,917	Alta
Fortaleza	Brasil	2,643,247	Mediana	5,449	Alta
Medellín	Colombia	2,529,403	Mediana	6,643	Alta
Belo Horizonte	Brasil	2,502,557	Mediana	4,008	Media
Cali	Colombia	2,445,281	Mediana	4,382	Media
Querétaro	México	2,368,467	Mediana	1,169	Baja
Belém	Brasil	2,360,250	Mediana	6,618	Alta
Gran San Salvador	El Salvador	2,177,432	Mediana	4,171	Media
Tijuana	México	2,157,853	Mediana	2,832	Media
Quito	Ecuador	2,151,994	Mediana	5,401	Alta
Montevideo	Uruguay	1,973,572	Mediana	6,523	Alta
Curitiba	Brasil	1,948,626	Mediana	4,027	Media
León de los Aldama	México	1,893,857	Mediana	1,250	Baja
Recife	Brasil	1,633,697	Mediana	7,039	Alta
Juárez	México	1,501,551	Mediana	392	Baja
Porto Alegre	Brasil	1,476,867	Mediana	2,878	Media
Goiânia	Brasil	1,430,697	Mediana	1,650	Baja
Natal	Brasil	1,350,840	Mediana	4,027	Media
Córdoba	Argentina	1,329,604	Mediana	2,308	Baja
Guarulhos	Brasil	1,324,781	Mediana	2,532	Media
Cartagena	Colombia	1,319,359	Mediana	1,812	Baja
Barranquilla	Colombia	1,273,646	Mediana	8,274	Alta

Barquisimeto	Venezuela	1,242,351	Mediana	3,519	Media
Panamá	Panamá	1,206,792	Mediana	4,303	Media
Bucaramanga	Colombia	1,089,269	Mediana	3,587	Media

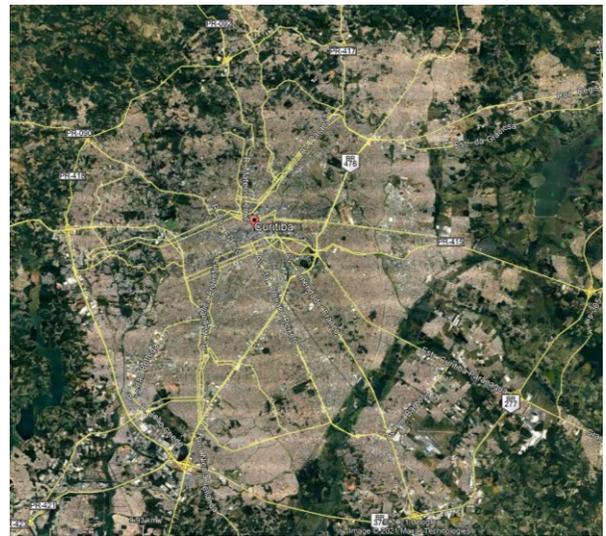
Fuente: Elaboración propia con información de BRT+ Centre of Excellence & EMBARQ, 2021 y fuentes de información de los organismos nacionales de estadística cada país

*Mapa 4 Querétaro, México*



Fuente: Google Earth Pro (s.f.) [Mapa de Querétaro]  
Recuperado el 02 de junio, 2021

*Mapa 5 Curitiba, Brasil*



Fuente: Google Earth Pro (s.f.) [Mapa de Curitiba]  
Recuperado el 02 de junio, 2021

*Mapa 6 Campinas, Brasil*



Fuente: Google Earth Pro (s.f.) [Mapa de Campinas] Recuperado el 02 de junio, 2021

### **2.3.3 Ciudades grandes y megalópolis**

Cinco de las ciudades latinoamericanas que tienen sistemas BRT se clasifican como ciudades grandes, todas ellas con nivel de densidad medio o alto (ver Tabla 6). Cuatro de las cinco ciudades, excepto Bogotá, también cuentan con sistemas férreos de alta capacidad.

Los niveles de densidad en Lima y Monterrey son adecuados para implementar sistemas tipo BRT, en cambio los de capacidad masiva podrían presentar problemas de subutilización. No obstante, las redes viales de ambas ciudades favorecen el uso del transporte público. De manera particular Lima presenta una red vial de tipo lineal (ver Mapa 7), por lo que el 75.6 % de los viajes cotidianos en esta ciudad se realiza en transporte público (Alegre Escorza, 2016).

Guadalajara y Santiago son ciudades grandes con alta densidad. En ambos casos, los sistemas BRT han presentado problemas de saturación en horas de máxima demanda debido a que no tienen la capacidad para atender la demanda de viajes que se genera en los corredores de capacidad media y alta. Por esta razón, en las ciudades grandes y en las megalópolis los sistemas BRT no debieran adoptarse como sustitutos de los sistemas de capacidad masiva, en todo caso, debieran articularse como rutas alimentadoras de los sistemas troncales de capacidad masiva, como los sistemas de metro y de trenes urbanos (Avellaneda & Lazo, 2011; Rosas Gutiérrez y Chías Becerril, 2020).

De acuerdo con Grange “no existe ninguna gran ciudad en el mundo, con igual o mayor tamaño y población a la de Santiago de Chile que haya resuelto el problema del transporte público sólo con buses” (2010, p 126). La evidencia más clara de esta afirmación se observa en Bogotá, a veinte años de la implementación de Transmilenio y de haberse convertido en el referente de éxito de los sistemas BRT, hoy la eficacia de la estrategia implementada en la capital colombiana es ampliamente cuestionada y los problemas de movilidad asociados al transporte público se han agudizado (largos tiempos de espera, saturación de vehículos de transporte público, mal diseño de rutas, etc.) A pesar de que en los últimos cinco años la flota vehicular del sistema ha crecido en un 40%, este ha alcanzado su capacidad máxima y se replantea la necesidad de construir un metro (Rosas Gutiérrez & Chías Becerril, 2020; Gómez Cárdenas, 2013, Puyana, Gómez & García, 2017).

*Tabla 6 Ciudades Grandes con BRT*

<b>Ciudades</b>	<b>País</b>	<b>Población</b>	<b>Tamaño de ciudad</b>	<b>Densidad hab/km2</b>	<b>Nivel de densidad</b>
Lima	Perú	9,674,755	Grande	3,697	Media
Bogotá	Colombia	9,155,100	Grande	16,240	Alta
Santiago	Chile	7,112,808	Grande	8,497	Alta
Monterrey	México	5,341,171	Grande	3,484	Media
Guadalajara	México	5,220,443	Grande	10,361	Alta

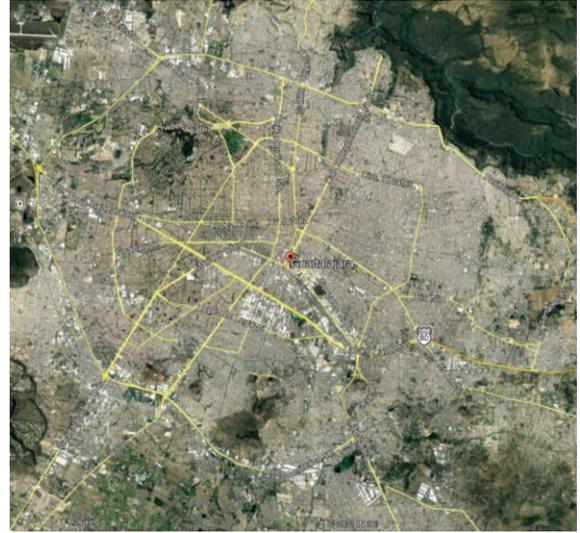
Fuente: Elaboración propia con información de BRT+ Centre of Excellence & EMBARQ, 2021 y fuentes de información de los organismos nacionales de estadística cada país.

*Mapa 7 Lima, Perú*



Fuente: Google Earth Pro (s.f.) [Mapa de Lima]  
Recuperado el 02 de junio, 2021

*Mapa 8 Guadalajara, México*



Fuente: Google Earth Pro (s.f.) [Mapa de Guadalajara]  
Recuperado el 02 de junio, 2021

*Mapa 9 Bogotá, Colombia*



Fuente: Google Earth Pro (s.f.) [Mapa de Bogotá] Recuperado el 02 de junio, 2021

Tal y como sucedió en Bogotá, en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM<sup>17</sup>) y Sao Paulo se implementaron líneas de BRT en trazos que originalmente habían sido planteados como líneas de metro. En ambos casos, la decisión se sustentó en la factibilidad financiera pues los BRT cuestan entre 4 y 20 veces menos que los sistemas férreos. Además, el discurso del modelo de mejores prácticas sostiene que el número de pasajeros que pueden transportar ambos sistemas es equiparable (Suzuki, et al, 2013; Wright & Hook, 2007).

La evidencia ha demostrado que la capacidad entre sistemas semimasivos y masivos no es equiparable. Además del claro ejemplo de Bogotá, la red de sistemas BRT en todo México duplica la longitud de la red de metro y, sin embargo, no transporta ni a la tercera parte de los pasajeros. La difusión de esta falsa noción se debe, en parte, a la forma en la que se mide el número de pasajeros: regularmente el metro mide los pasajeros diarios entre semana (de lunes a viernes), mientras que los BRT miden por máximos históricos (Rosas Gutiérrez y Chías Becerril, 2020).

Aunque aún faltan estudios más especializados, el argumento económico también ha empezado a ser abordado y fuertemente cuestionado (Gómez Cárdenas, 2013; Suzuki, et al, 2013). Un tren de metro que transporta 1,530 pasajeros cuesta \$329 millones de pesos mexicanos y tiene un ciclo de vida de 50 años mientras que, un autobús de doble piso con capacidad para 160 pasajeros cuesta \$12.2 millones de pesos mexicanos y debe sustituirse cada 10 años. No sólo en mantenimiento, sino también en infraestructura, en el largo plazo los BRT son mucho más costosos que los sistemas férreos (Rosas Gutiérrez y Chías Becerril, 2020).

De acuerdo con Rosas Gutiérrez y Chías Becerril (2020), ampliar las vialidades y aplicar soluciones de transporte semimasivo, como los corredores basados en BRT, ha retardado la aplicación del paradigma de accesibilidad, entendido como las facilidades para cubrir largas distancias entre múltiples lugares. En las grandes ciudades, una red de transporte basada en sistemas de alta capacidad, combinando trenes ligeros, suburbanos e interurbanos, es la única opción para fomentar la movilidad multimodal, ya que libera las vialidades de vehículos de transporte público de capacidad media y baja. La evidencia muestra que en las megalópolis los

---

<sup>17</sup> La ZMVM comprende las 16 alcaldías de la CDMX y 60 municipios conurbados de los estados de México e Hidalgo.

BRT sólo realizan entre el siete y diez por ciento de los viajes que se llevan a cabo en transporte público.

Finalmente, las cuatro megalópolis de AL tienen un nivel de densidad alto y redes de transporte que integra sistemas férreos de capacidad masiva y sistemas BRT (ver Tabla 7). Estas ciudades son tan extensas geográficamente que no tienen sólo un patrón de red vial, sino que varía a lo largo de las diferentes zonas que conforman la traza urbana. La complejidad de sus características urbanas y problemas de movilidad requieren análisis individuales que rebasan los alcances de este texto.

*Tabla 7 Megalópolis con BRT*

<b>Ciudades</b>	<b>País</b>	<b>Población</b>	<b>Tamaño de ciudad</b>	<b>Densidad hab/km2</b>	<b>Nivel de densidad</b>
Sao Paulo	Brasil	21,832,567	Megalópolis	8,005	Alta
ZMVM (Zona Metropolitana del Valle de México)	México	21,828,944	Megalópolis	5,967	Alta
Buenos Aires	Argentina	16,157,000	Megalópolis	15,150	Alta
Rio de Janeiro	Brasil	12,229,867	Megalópolis	5,265	Alta

Fuente: Elaboración propia con información de BRT+ Centre of Excellence & EMBARQ, 2021 y fuentes de información de los organismos nacionales de estadística de cada país.

### **Conclusiones**

Las políticas de transporte promovidas a través del modelo de mejores prácticas, en algunas ciudades pueden ayudar a mejorar la calidad de la movilidad cotidiana, pero más allá de la experiencia de éxito y los argumentos de factibilidad financiera que han sido determinantes para la expansión de sistemas como los BRT, es necesario incorporar elementos de análisis que permitan entender el contexto y las características urbanas que influyen en el modelo de movilidad de las ciudades.

Con la finalidad de realizar un análisis más general de cómo la configuración espacial influye en el uso de los modos de transporte y viabilidad de los tipos de transporte público, en el texto se presenta una propuesta tipológica para el análisis de las ciudades latinoamericanas, construida a partir de la síntesis de cuatro variables: tamaño de población, la densidad demográfica, estructura urbana y la red vial.

Con base en el análisis teórico de la tipología propuesta, se puede observar que las ciudades pequeñas y difusas no presentan condiciones favorables para la implementación de sistemas de transporte público de capacidad semimasiva como el BRT, en este tipo de ciudades se favorece el uso del transporte privado. Mientras que, en las ciudades pequeñas y compactas podría ser viable implementar sistemas de transporte tipo BRT, sin embargo, es importante analizar si el nivel de densidad es medio o alto, además del tipo de configuración vial ya que algunas de estas ciudades favorecen los desplazamientos a pie y los sistemas de capacidad semimasiva podrían presentar problemas de subutilización.

La mezcla de características que se presenta en las ciudades medianas son las que necesitan analizarse con mayor profundidad para saber en cuáles es adecuada la implementación de sistemas de capacidad semimasiva. A priori, las ciudades medianas con densidad media presentan las condiciones ideales para implementar sistemas BRT como corredores troncales de la red de transporte público. En cambio, las ciudades medianas y dispersas cuentan con los niveles de densidad para la implementación de sistemas semimasivos, sin embargo la movilidad tiende a sustentarse en el uso del automóvil por lo cual la planeación de la red de transporte público debería inducir al cambio modal. En el caso opuesto se encuentran las ciudades medianas con altos niveles de densidad, los sistemas BRT, al tener capacidad semimasiva, pueden presentar problemas de saturación. Previendo el crecimiento población en el largo plazo, en este tipo de ciudades es más viable la planeación de sistemas tipo férreo, como corredores troncales de la red de transporte público.

En las ciudades grandes y las megalópolis la red de transporte público no se puede sustentar en sistemas de capacidad semimasiva, como los BRT, sólo deberían integrarse a la red de transporte público como líneas alimentadoras, ya que existe evidencia que demuestra que la capacidad entre éstos y los sistemas férreos en realidad no es equiparable, en ese sentido, en corredores de alta demanda tampoco deben implementarse como sustitutos de líneas de metro o trenes.

También se observa que para conocer realmente los beneficios económicos de implementar sistemas BRT frente a los sistemas férreos, es necesario llevar a cabo estudios

comparativos que analicen en el largo plazo los costos de implementación, renovación y mantenimiento de ambos sistemas.

El análisis que se desarrolla a lo largo del texto es meramente teórico, para comprobar las propuestas es necesario llevar a cabo estudios empíricos que los sustenten. En el siguiente artículo he desarrollado un modelo de simulación basado en agentes que explora, de manera simplificada, la interacción entre la tipología propuesta -incluyendo la estructura urbana- y diversas redes de transporte público compuestas por BRT y metro o sólo BRT.

### **Bibliografía**

- Aguilar, Adrián Guillermo & Alvarado, Concepción (2004). La reestructuración del espacio urbano de la ciudad de México. ¿Hacia una metrópoli multimodal?, en Adrián Guillermo Aguilar (Coord.). *Procesos metropolitanos y grandes ciudades: Dinámicas recientes en México y otros países*. México, Cámara de diputados/Universidad Nacional Autónoma de México/ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/ Porrúa, pp. 309-327
- Alegre Escorza, M. (2016). Transporte urbano: ¿Cómo resolver la movilidad en Lima y Callao? Lima, Perú. *Consortio de Investigación Económica y Social*.
- Álvarez de la Torre, G. B. (2017). Morfología y estructura urbana en las ciudades medias mexicanas. *Región y Sociedad*. 68 (XXIX), 154–191.
- Arango Miranda, Azucena (2010). *La periferia conurbada de la ciudad de México: Movilidad cotidiana y manejo de tiempo de la población en unidades habitacionales de Ixtapaluca*. Tesis de doctorado en Geografía, Alemania, Facultad de Matemáticas y Ciencias Naturales II, Universidad Humboldt de Berlín.
- Avellaneda, Paul & Lazo, Alejandra (2011). Aproximación a la movilidad cotidiana en la periferia pobre de dos ciudades latinoamericanas. Los casos de Lima y Santiago de Chile. *Revista Transporte y Territorio*, No 4, 47-58.
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>

- Banister, D. (2011). The trilogy of distance, speed and time. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 950–959. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.12.004>
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2016). *Evaluación de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles del BID*. New York.
- BRT + Centre of Excellence y EMBARQ. “Global BRTData” Versión 3.58, march 23, 2021. <http://www.brtdata.org>.
- CAF. (2011). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. Caracas, Banco de desarrollo de América Latina CAF. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/419>
- Calderón, F & Castells M (2019). *La nueva América Latina*. Fondo de Cultura Económica, Chile.
- Capel, Horacio. (2002). *La morfología de las ciudades*. Barcelona. Ediciones del Serbal.
- CTS EMBARQ México (2015). *Guía técnica de selección de vehículos para transporte público*. México.
- Delgado, Javier & Suárez Manuel (2007). Estructura y eficiencia urbanas. Accesibilidad a empleos, localización residencial e ingreso en la ZMCM 1990-2000. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 023, 693-724.
- Dupuy, Gabriel (1991). *L'urbanisme des réseaux, théories et méthodes*. Paris: Armand Colin, Edición en castellano: *El urbanismo de las redes. Teorías y métodos*. Barcelona: Oikos-Tau, 1998.
- Dussauge Laguna, M. I. (2012). La transferencia de políticas como fuente de innovación gubernamental: promesas y riesgos. *Estado, Gobierno, Gestión Pública, Revista Chilena de Administración Pública*, No 19, 51–79.
- Ford, L. R. (1996). A new and improved model of Latin American city structure. *The Geographical Review*, 86 (3), 437–440. <https://doi.org/10.2307/215506>

- Garret, Mark & Taylor, B. (1999). Reconsidering social equity in public Transit. *Berkeley Planning Journal*, 13 (1), 6–27.
- Glaeser, E. L., & Kahn, M. E. (2004). Sprawl and Urban Growth. *Handbook of Regional and Urban Economics*, 4(56), 2482–2527. <https://doi.org/10.2139/ssrn.405962>
- Gómez Cárdenas, W. C. (2013). Policy transfer en los sistemas de transporte urbano: el proceso de adaptación del Masivo Integrado de Occidente (MIO). *Ciencia Política*, 8(15), 36–66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4781390&info=resumen&idioma=SPA>
- Google Earth Pro, (s.f) (2021).
- Graizbord, B. & Santillán, M. (2005). Dinámica demográfica y generación de viajes al trabajo en el AMCM: 1994-2000. *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 20, núm. 1 (58), 71-101.
- Graizbord, B. (2007). Megaciudades, globalización y viabilidad urbana. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 63, 125–140.
- Graizbord, Boris y Acuña, Beatriz (2004). La estructura polinuclear del Área Metropolitana de la Ciudad de México, en Adrián Guillermo Aguilar (Coord.). *Procesos metropolitanos y grandes ciudades: Dinámicas recientes en México y otros países*. México. Cámara de diputados/Universidad Nacional Autónoma de México/ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/ Porrúa. 309-327.
- Grange, L. de (2010). El gran impacto del Metro. *Revista EURE (Santiago)*, vol.36, no 107, 125-131. [http:// dx.doi.org/10.4067/S0250-71612010000100007](http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612010000100007)
- Harris, C. D. & Ullman, E. L. (1945). The nature of cities. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Sciences*. 242(1), 7-17. [doi:10.1177/000271624524200103](https://doi.org/10.1177/000271624524200103)

- Hoyt (1939). The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities. Washington, DC: Federal Housing Administration. *Progress in Human Geography*. 29(3), 321-325. doi:10.1191/0309132505ph552xx
- IMCO (2019), Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. *Índice de movilidad urbana. Barrios mejor conectados para ciudades más equitativas*.
- Inostroza, L., Baur, R., & Csaplovics, E. (2013). Urban sprawl and fragmentation in Latin America: A dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *Journal of Environmental Management*, 115, 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.007>
- Lezama, José Luis (2010). *Teoría social, espacio y ciudad*. El Colegio de México, México.
- López Moreno, E., Halfani, M., & Jensen, I. (2013). *Planning and Design for Sustainable Urban Mobility*. Global Report on Human Settlements 2013. (U. N. H. S. Programme, Ed.). New York: UN HABITAT.
- Meurs, H., & Haaijer, R. (2001). Spatial structure and mobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6(6), 429–446. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(01\)00007-4](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(01)00007-4)
- Miralles-Guasch, C., & Cebollada, Á. (2003). *Movilidad y transporte. Opciones políticas para la ciudad*. Fundación Alternativas, N 25.
- Montero, S. (2017). Worlding Bogotas Ciclovía: From Urban Experiment to International “Best Practice.” *Latin American Perspectives*, 44 No 2 (213), 111–131. <https://doi.org/10.1177/0094582X16668310>
- Montezuma, R. (2003). *Ciudad y transporte: La movilidad urbana*. In D. Balbo, Marcelo; Jordán, Ricardo & Simioni, Daniela (Ed.). Cuadernos de la CEPAL 88: La Ciudad Inclusiva. 175–191. Santiago de Chile: CEPAL.
- OCDE (OECD) (2012), *Redefining “urban”. A new way to measure metropolitan areas*. <https://doi.org/10.1787/9789264174108-4-en>

- Olcina Cantos, J. (2011). Megaciudades: Espacios de relación, contradicción, conflicto y riesgo, *Investigaciones Geográficas* (Esp), 54, 171–201. <https://doi.org/10.14198/INGEO2011.54.06>
- ONU (2018). United Nations, *World Urbanization Prospects The 2018 Revision Methodology*. Department of Economic and Social Affairs, P. D. New York.
- ONU-HABITAT (20 de junio de 2020). *Hacer de la densidad una variable fundamental*. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/hacer-de-la-densidad-una-variable-fundamental>
- Park, Robert E., Ernest Burgess & McKenzie, Roderick (1925). *The City*. University of Chicago Press.
- Puyana Herrera, Á., Gómez Rodríguez, L., & García Fonseca, M. F. (2017). ¿Por qué TransMilenio en Bogotá está en crisis? *Revista Ciudades, Estados y Política*, 4(3), 103–118.
- Rosas Gutiérrez, J., & Chías Becerril, L. (2020). Los BRT ¿nuevo paradigma de la movilidad urbana mundial? *Investigaciones Geográficas*, 103, 1–14. <https://doi.org/10.14350/rig.60045>
- Schjetnan, M., Peniche, M., & Calvillo, J. (2004). *Principios de diseño urbano-ambiental*. México DF, Editorial Pax México.
- Suzuki, H., Cervero, R., & Iuchi, K. (2013). *Transforming cities with transit. Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban development*. In Urban development series. Washington. The World Bank.
- Tsai, Y. (2005). Quantifying urban form: Compactness versus “sprawl”. *Urban Studies* 42(1), 141–161. doi:10.1080/0042098042000309748
- Unikel, Luis; Chiapetto, Crescencio & Garza, Gustavo (1976). *El desarrollo urbano en México: Diagnóstico e implicaciones futuras*. El Colegio de México.

- Vaggione, P. (2014). *Planeamiento Urbano Para Autoridades Locales*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. ONU HABITAT.
- Verhetsel, A., & Vanellander, T. (2010). What location policy can bring to sustainable commuting: An empirical study in Brussels and Flanders, Belgium. *Journal of Transport Geography*, 18(6), 691–701. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.11.003>
- Vining, A. y Weimer, D. (2006). Efficiency and Cost-Benefit Analysis. (pp 417-432), en Peters, Guy & Pierre, Jon (eds.). *Handbook of Public Policy*. London: Sage.
- Wirth, Louis (1988). El urbanismo como modo de vida, en Mario Bassols et al., *Antología de sociología urbana*. UNAM, México. pp 162-182
- Wright, L., & Hook, W. (2007). *Bus Rapid Transit planning guide*. ITDP. [www.itdp.org/index.php/microsite/brt\\_plannin](http://www.itdp.org/index.php/microsite/brt_plannin)

### **3 Explorando la eficiencia de los sistemas BRT a través de los modelos de simulación basados en agentes**

#### **Introducción**

En la década de 1970 en Curitiba, Brasil, entró en funcionamiento el primer sistema de transporte público basado en autobuses de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés). Este sistema resultó innovador porque incorporó autobuses de capacidad media y carriles de tránsito exclusivo para el transporte público, además el diseño de la Red de Transporte (RT) se desarrolló con un enfoque de planeación urbana que ayudó a trazar y delimitar las zonas de crecimiento de la ciudad (Pardo, 2009). Sin embargo, el modelo de planeación en Curitiba contó con condiciones peculiares, por lo cual resultaba muy complejo replicar la experiencia en otros contextos.

En el año 2000 en Bogotá, Colombia se retoma e implementa el modelo BRT con el propósito de resolver los problemas de movilidad asociados al Transporte Público (TP) de baja capacidad. A pocos meses de su implementación, la nueva RT en Bogotá alcanzó niveles de demanda observados previamente sólo en sistemas de TP de alta capacidad y en ciudades de más de 5 millones de habitantes (Silva Ardilla, 2020).

A partir de la experiencia en Bogotá, el BRT se posicionó como una política pública de transporte que podía competir con sistemas ferroviarios en términos de capacidad, a una fracción del costo y tiempo de implementación (Suzuki, et al, 2013; Wright & Hook, 2007). Bajo el modelo de mejores prácticas, durante las últimas dos décadas, los sistemas BRT han sido ampliamente promovidos por organismos multilaterales como una opción innovadora y económica para atender los problemas de movilidad, particularmente en los países en desarrollo.

El éxito de los sistemas BRT ha sido tal que, actualmente más de 170 ciudades en África, Asia, Europa, y América cuentan con sistemas BRT (BRT+ Centre of Excellence & EMBARQ, 2021). Los procesos de desarrollo urbano, las características demográficas y por lo tanto las necesidades de movilidad de estas ciudades son muy diversas, no obstante, el modelo de mejores prácticas omite el contexto y propone soluciones homogéneas. A pesar de que ha sido ampliamente utilizado para la gestión de políticas públicas de movilidad, su utilidad ha sido

cuestionada desde la academia porque lo que resulta adecuado en un entorno puede no resultar adecuado en otro (Montero, 2017). Por otra parte, a más de dos décadas del auge de los sistemas BRT diversos autores (Avellaneda & Lazo, 2011; Montero, 2017 y Silva Ardila, 2020) exponen que los BRT no en todas las ciudades han contribuido en mejorar las condiciones de movilidad.

Miralles-Guasch & Cebollada (2003) señalan que, las particularidades demográficas, la distribución espacial y la oferta de TP de cada lugar, configura un modelo específico de ciudad que requiere un modelo de movilidad que se adecue a sus características y necesidades.

En este texto se presenta un modelo de simulación basado en agentes que se desarrolló con el objetivo de analizar la conjunción de características urbanas que permiten que una red de TP con BRT como sistema troncal, funcione de manera eficiente.

La eficiencia de la RT se puede evaluar en función del tiempo de traslado, los tiempos de espera, el costo, la calidad, la velocidad de circulación y la comodidad de los diversos transportes que la conforman (Geurs & Van Wee, 2004; Meurs & Haaijer, 2001). El modelo de simulación que se presenta en este texto permitirá analizar la eficiencia a partir de dos variables: el tiempo de traslado total (que incluye el tiempo de espera antes de abordar y el tiempo dentro del vehículo), además del nivel de ocupación como una variable proxy de la comodidad. El tema de costos no se desarrolla porque el propósito del modelo es realizar un análisis comparativo entre ciudades a través de diversas combinaciones entre tamaño de ciudad, estructura urbana y RT para diferentes horarios de demanda.

La primera parte del texto describe los elementos que conforman el modelo de simulación y la segunda parte presentan los resultados y hallazgos del modelo.

### **3.1 Modelo**

La evaluación de políticas públicas requiere gran cantidad de información sobre la situación previa y posterior a la implementación, aun cuando los alcances estén previamente definidos es común que esta etapa enfrente limitaciones financieras y temporales. El éxito del modelo de mejores prácticas para la transferencia de políticas públicas obedece, en gran medida, a que su implementación en un contexto que parece similar, es entendida como una especie de

mecanismos de experimentación gratuita con resultados que han sido validados en situaciones reales (Dussauge, 2012; Montero, 2017).

Los modelos de simulación son una herramienta que puede ser empleada para realizar análisis en escenarios hipotéticos o comparar situaciones que aun en condiciones ideales sería imposible llevar a cabo, además permiten variar o fijar los elementos que lo conforman para aislar los efectos que se quieren estudiar. Por ejemplo, el modelo de simulación que se presenta en este texto permite modificar los sistemas de transporte público que conforman la red, con el propósito de analizar cómo dos diferentes RT gestionan, bajo las mismas circunstancias (frecuencia de paso, velocidad, flujo de pasajeros, matriz de viajes) la demanda para la misma ciudad. Este tipo de análisis no se puede realizar con datos o situaciones reales porque cada ciudad tiene sólo una RT y no hay forma de analizar el escenario contrafactual, aun si se comparan ciudades similares cada una tiene redes de transporte que funcionan de manera específica y atienden una demanda dada. El modelo que se presenta también explora cómo se comporta la misma demanda de transporte en ciudades con diferentes tipos de estructura urbana y distintos sistemas de TP.

Los modelos de simulación permiten usar múltiples técnicas analíticas y han sido empleados en estudios que se aproximan a los problemas de movilidad desde diferentes enfoques. A través de un modelo de simulación, con base en un modelo teórico para la toma de decisiones, Urquhart et al (2019) analizan cómo la localización de las empresas influye en la elección modal que se usa en los desplazamientos por motivos laborales y los efectos que tienen los cambios modales en los niveles de congestión y contaminación ambiental. El modelo de Zambrano et al (2016), con datos paramétricos de diversas ciudades, reproduce matrices de origen-destino para analizar problemas de tráfico y generar propuestas para optimizar el tránsito en HMD. Adelt et al (2018) analizan cómo distintos modelos de gobernanza, con diferentes grados de control gubernamental, influyen en la adopción de patrones de transporte sustentables; sus fuentes mezclan elementos de la teoría sociológica e información paramétrica obtenida a través de encuestas.

El modelo de simulación que se presenta en este texto se centra en el análisis comparativo de las RT cuyo sistema troncal está conformado sólo por BRT o por metro y BRT,

para este propósito, el modelo combina 3 elementos: el tamaño de la ciudad, el tipo de estructura urbana y la red de TP. A partir de la combinación de estas variables se obtienen 12 entornos de simulación (ver Tabla 8). Para ver la configuración de los entornos de simulación se puede consultar el *Apéndice 2: Entornos de simulación*

Los tipos de ciudad que se simulan no tienen el propósito de replicar ciudades reales, los entornos de simulación son una simplificación y reducción de características urbanas que influyen en la dinámica de movilidad de una ciudad. Sin embargo, el diseño de las ciudades tipológicas se basa en características de ciudades reales como Pachuca, Hidalgo; León, Guanajuato; Bogotá, Colombia y la CDMX, entre otras. Los criterios que se consideraron fueron el tamaño de la población, la extensión geográfica, la configuración de la red de transporte público, la demanda de pasajeros y la matriz de viajes de acuerdo con los usos de suelo.

El modelo fue desarrollado en NetLogo 6.1.1. A continuación, se describen brevemente los elementos que lo conforman. Las especificaciones técnicas sobre la construcción y calibración pueden ser consultadas en el *Apéndice 1: Overview, Design concepts and Details (ODD)*.

El modelo considera 3 tipos de agentes: Pasajeros, Autobuses tipo BRT y Metro.

*Pasajeros:* Los agentes del tipo pasajero representan a las personas que realizan viajes al interior de una ciudad.

*Autobuses tipo BRT:* Son sistemas de TP de capacidad media que circulan por rutas definida que representa los carriles confinados por donde circulan regularmente estos vehículos. Los parámetros de comportamiento se definieron con base en los criterios técnicos establecidos para estos sistemas (Wright & Hook, 2010).

*Metro:* Son sistemas de TP de alta capacidad que circulan por vías férreas. Los parámetros de comportamiento se definieron con base en los criterios técnicos establecidos para estos sistemas (Molinero & Sánchez, 2005).

La forma urbana, los usos de suelo y la oferta de transporte afectan el flujo de viajes, que se genera como consecuencia de la distribución y concentración de las actividades

cotidianas (Avellaneda, 2008; Priemus et al 2001). Para generar los patrones de viaje, en el modelo se consideraron tres tipos de uso de suelo en cada ciudad: uso habitacional, comercial y mixto.

El número de pasajeros representa la demanda de transporte y cambia de acuerdo con el horario de simulación porque los flujos de los viajes se modifican en función de los motivos de viajes y la distribución de las actividades cotidianas<sup>18</sup>. Para observar cómo la RT gestiona la demanda de viajes, para cada entorno se simulan tres periodos: La hora de máxima demanda matutina (HMDM), la hora valle (HV) y la hora de máxima demanda vespertina (HMDV). El número de pasajeros en horas de máxima demanda (HMD) dicta la capacidad que debe tener el sistema y la HV es el momento de menor ocupación, con base en esta información se definen los criterios de operación y gestión de los recursos de los sistemas de transporte a lo largo de un día (Molinero & Sánchez, 2005). De la combinación de estos entornos y horarios, se obtienen 36 escenarios de simulación (Tabla 9). Cada entorno de simulación es un tipo de ciudad con una RT establecida (Para visualizar los entornos de simulación se puede consultar el *Apéndice 2: Entornos de simulación*).

Dentro del modelo, la demanda cambia por horario de simulación para cada tamaño de ciudad, sin embargo, permanece igual por tipo de estructura y RT con el propósito de comparar la eficiencia de la RT en distintos escenarios. Los autobuses y metros nacen de acuerdo con la frecuencia establecida en el horario de simulación y recorre la ruta según la línea a la que pertenece y el tipo de transporte que representa (Tabla 9). (Para más información sobre la construcción y las especificaciones técnicas del modelo se puede consultar el *Apéndice 1: Overview, Design concepts and Details (ODD)*).

*Tabla 8 Entornos de simulación*

<b>Tamaño de ciudad</b>	<b>Estructura</b>	<b>Red de TP</b>
Ciudad Pequeña	Policéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT
	Monocéntrica	Sólo BRT

<sup>18</sup> Para calcular la demanda de viajes que se emplea para cada tipo de ciudad y horario de simulación se creó una matriz de origen-destino tomando como referencia datos empíricos de ciudades reales donde actualmente operan sistemas tipo BRT, para mayor detalle se puede consultar la sección de Reglas de comportamiento en el *Apéndice 1: Overview, Design concepts and Details (ODD)*.

		Metro y BRT
Ciudad Mediana	Policéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT
	Monocéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT
Ciudad Grande	Policéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT
	Monocéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT

Fuente: Elaboración propia

## 3.2 Experimentos

### 3.2.1 Diseño de los experimentos

Para cada tamaño de ciudad se realizaron 12 escenarios de simulación. En total se analizaron 36 escenarios de simulación, con 8 réplicas cada uno, ya que cada replica tiene un random seed único. El resumen de las simulaciones realizadas y los parámetros empleados en cada una se puede observar en la Tabla 9.

Los random seeds (o semillas aleatorias) dentro de los modelos pueden generar efectos que modifican significativamente los resultados. Para analizar los efectos de los random seeds en los resultados del modelo, antes de realizar las simulaciones se realizaron pruebas paramétricas y no paramétricas para validar la distribución de los datos y variación de los resultados entre replicas y no se encontraron diferencias significativas entre ellas, por lo cual para cada escenario se corrieron 8 réplicas.

La unidad de análisis para este ejercicio son los viajes que se realizan en cada escenario de simulación. Al multiplicar por 8 (cantidad de replicas) por el número de pasajeros en cada escenario se obtienen simulaciones masivas que generan un importante número de observaciones, como se observa en la Tabla 10, en HMD el número de viajes analizados es de más de 2 millones de viajes, para las ciudades grandes; más de un millón para las ciudades medianas y más de 100 mil para las ciudades pequeñas; mientras que en HV los resultados se obtienen con el análisis de entre 44mil (para ciudades pequeñas) y 800 mil (para ciudades grandes) viajes.

Tabla 9 Resumen de los escenarios de simulación

Tamaño de Ciudad	Hora de simulación	Estructura	Red de transporte	Frecuencia de paso	Pasajeros
Pequeña	HMDM	Monocéntrica	Sólo BRT	2 minutos	13,960
			BRT y Metro		
		Policéntrica	Sólo BRT		
			BRT y Metro		
	HV	Monocéntrica	Sólo BRT	Metro: 4 min BRT: 5 min	5,570
			BRT y Metro		
		Policéntrica	Sólo BRT		
			BRT y Metro		
	HMDV	Monocéntrica	Sólo BRT	2 minutos	13,190
			BRT y Metro		
		Policéntrica	Sólo BRT		
			BRT y Metro		
Mediana	HMDM	Monocéntrica	Sólo BRT	2 minutos	160,000
			BRT y Metro		
		Policéntrica	Sólo BRT		
			BRT y Metro		
	HV	Monocéntrica	Sólo BRT	Metro: 4 min BRT: 5 min	88,550
			BRT y Metro		
		Policéntrica	Sólo BRT		
			BRT y Metro		
	HMDV	Monocéntrica	Sólo BRT	2 minutos	151,210
			BRT y Metro		
		Policéntrica	Sólo BRT		
			BRT y Metro		
Grande	HMDM	Monocéntrica	Sólo BRT	2 minutos	273,540
			BRT y Metro		
		Policéntrica	Sólo BRT		
			BRT y Metro		
	HV	Monocéntrica	Sólo BRT	Metro: 4 min BRT: 5 min	109,040
			BRT y Metro		
		Policéntrica	Sólo BRT		
			BRT y Metro		
	HMDV	Monocéntrica	Sólo BRT	2 minutos	258,580
			BRT y Metro		
		Policéntrica	Sólo BRT		
			Sólo BRT		

		BRT y Metro	
--	--	-------------	--

Fuente: elaboración propia

*Tabla 10 Número de viajes analizados por escenario de simulación*

Tamaño de Ciudad	Hora de simulación	Pasajeros	Número de viajes analizados con 8 réplicas
Pequeña	HMDM	13,960	111,680
	HV	5,570	44,560
	HMDV	13,190	105,520
Mediana	HMDM	160,000	1,280,000
	HV	88,550	708,400
	HMDV	151,210	1,209,680
Grande	HMDM	273,540	2,188,320
	HV	109,040	872,320
	HMDV	258,580	2,068,640

Fuente: elaboración propia

Al iniciar el proceso de simulación los vehículos, tanto autobuses como metros nacen de acuerdo con la frecuencia establecida en el horario de simulación (Ver Tabla 9 ) y recorren la ruta según la línea a la que pertenecen, hasta llenar la RT. Una vez que la red de transporte está llena de vehículos, en el tick<sup>19</sup> 700 empiecen a nacer los pasajeros.

Los pasajeros nacen del tick 700 al 1060 lo que representa una hora de simulación, con la finalidad de acotar el análisis a los viajes que se generan durante una hora. La simulación finaliza en el tick 1,800 para las ciudades pequeñas y medianas, y en el tick 2,340 para las ciudades grandes lo cual representaría 2 y 3 hrs, respectivamente, a partir de que nacen los últimos pasajeros.

### **3.2.2 Resultados de los experimentos**

Para analizar la eficiencia de la RT, los resultados de la simulación se presentan por tamaño de ciudad, comparando los tiempos de traslado y el nivel de ocupación de la red de transporte por horario y el tipo de estructura urbana (para mayor detalle de los resultados consultar *Apéndice 3: Detalle de resultados por tamaño de ciudad*).

<sup>19</sup> El tiempo dentro del modelo es una variable discreta, que se define de acuerdo con los propósitos de cada uno. Para el modelo que aquí se presenta cada unidad de tiempo en la simulación (o tick) representa 10 segundos de tiempo real.

Los tiempos de traslado se toman a partir de que un pasajero entra en una estación y llega a su estación destino, no se considera el tiempo de caminata que tienen los pasajeros para llegar al sistema y al salir de este porque el objetivo del modelo es analizar la dinámica de viajes entre redes de TP, para fines analíticos de este texto no importa lo que sucede fuera de la RT.

Dentro del análisis de los resultados, *el tiempo antes de abordar* se refiere a los minutos que espera un pasajero antes de poder abordar el primer vehículo, una vez que ingreso a una estación; mientras que, *el tiempo a bordo* hace referencia al tiempo que un pasajero pasa a bordo de un vehículo (incluyendo los tiempos de espera asociados a las transferencias).

*La capacidad de RT* comprende el número máximo de pasajeros que puede transportar de manera simultánea la RT. *Los pasajeros dentro* muestra, en el momento de máxima ocupación, la cantidad de pasajeros que se encuentran dentro de la RT, incluyendo los que están esperando en una estación y los que están a bordo de un vehículo. *Los pasajeros a bordo* muestra, en el momento de máxima ocupación, la cantidad de personas que se encuentra a bordo de un vehículo. *El porcentaje de ocupación de la RT* muestra la relación entre la cantidad de personas dentro de la RT y la capacidad de la RT. *El porcentaje de pasajeros a bordo* muestra la relación entre el número de pasajeros a bordo y la cantidad de pasajeros dentro de la RT.

Una de las limitaciones del modelo es que la frecuencia de los vehículos sólo está regulada por el horario de simulación y no considera los flujos de demanda por sentido; sin embargo, la saturación se puede observar en el porcentaje de ocupación de la RT y el porcentaje de pasajeros a bordo, ya que la relación entre estas dos variables explica la cantidad de pasajeros que no encuentran vehículos con espacio disponible que coincidan con su ruta.

### **3.2.2.1 Ciudades pequeñas**

En las ciudades pequeñas los tiempos de recorrido promedio en los tres periodos de simulación es de alrededor de 30 minutos. Como se observa en la Tabla 11, para los tres horarios, la ciudad monocéntrica con BRT y metro permite reducir más del 40% los tiempos de traslado, respecto del promedio. Por el contrario, la ciudad policéntrica con BRT aumenta hasta en un 50% los tiempos de traslado, respecto del promedio y el tiempo se triplica si se compara con la ciudad que presenta los menores tiempos.

Si se observan cómo cambian los tiempos de viaje en ciudades con diferente tipo de estructura urbana pero la misma RT, los tiempos de recorrido son menores en las ciudades monocéntrica, respecto de las policéntricas. Este resultado sugiere que, en las ciudades pequeñas, la concentración de actividades en un núcleo permite que la RT sea más eficiente que en las ciudades policéntricas.

Si sólo se consideran los tiempos de traslado, la ciudad monocéntrica con BRT y metro sería la más eficiente, pero también es importante observar los niveles de ocupación de la RT para saber cuál es la combinación entre estructura urbana y RT que más se adecua a la dinámica de viajes de las ciudades pequeñas. Aunque la ciudad monocéntrica con BRT y metro es la que presenta los mejores tiempos de traslado, también es la que tiene los niveles más altos de subutilización de la RT, su máximo nivel de ocupación es de 10% y se presenta en HMDV (ver Tabla 12).

En la Gráfica 2 se observa que, en todos los escenarios, la red de transporte de las ciudades pequeñas se encuentra subutilizada, prácticamente todos los pasajeros dentro de la RT se encuentran a bordo de un autobús o metro, por lo cual, no existen tiempos de espera (ver Gráfica 1).

Las ciudades pequeñas donde hay metro presentan mejores tiempos de traslado debido a la diferencia en la velocidad de operación entre el BRT y el metro; sin embargo, una red de transporte que cuente con un sistema troncal de capacidad media, como los BRT, resulta eficiente para transportar la demanda de usuarios y aun cuenta con un amplio margen de crecimiento. Tomando como parámetro estos resultados, en las ciudades chicas no se justificaría la inversión en infraestructura para TP de capacidad masiva, como el metro.

*Tabla 11 Ciudades pequeñas: tiempo total de recorrido, respecto al promedio<sup>20</sup>*

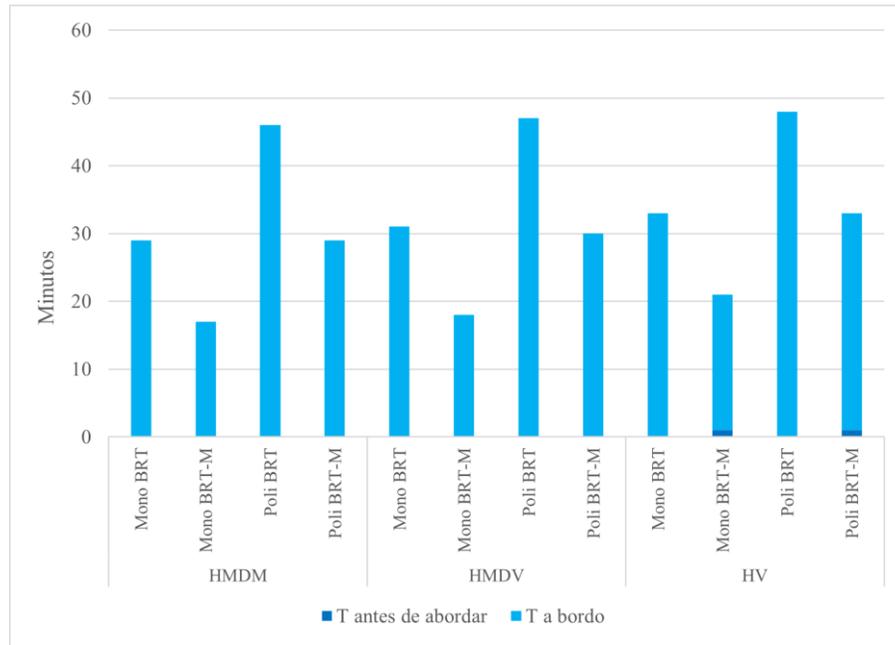
	HMDM	HMDV	HV
Monocéntrica, BRT	96%	98%	101%
Monocéntrica, BRT-metro	56%	60%	59%

<sup>20</sup> El tiempo promedio de recorrido para cada horario de simulación representa el 100%, en HMDM fue de 30 min, en HMDV fue de 32 min y en HV de 34 min. Al leer por columna se observa para cada tipo de estructura y RT cuál es el tiempo de recorrido, respecto del promedio.

Policéntrica, BRT	152%	148%	142%
Policéntrica, BRT-metro	96%	94%	98%

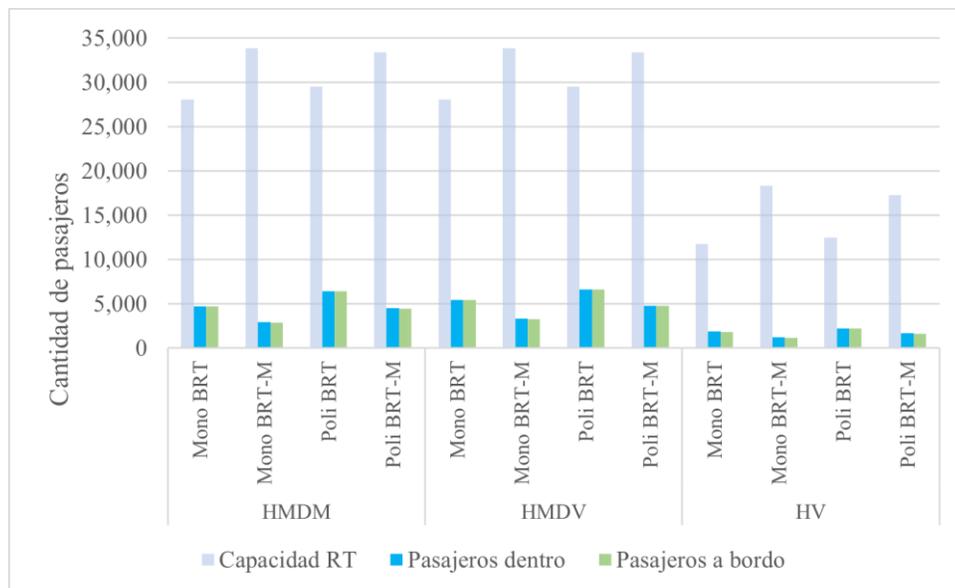
Fuente: elaboración propia

Gráfica 1 Tiempos de recorrido de las ciudades pequeñas



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2 Nivel de ocupación de la RT en ciudades pequeñas



Fuente: elaboración propia

*Tabla 12 Porcentaje de ocupación de la RT en ciudades pequeñas*

	HMDM	HMDV	HV	<b>Promedio</b>
Mono BRT	17%	19%	16%	17%
Mono BRT-M	9%	10%	7%	9%
Poli BRT	22%	22%	18%	21%
Poli BRT-M	13%	14%	10%	12%
Promedio	15%	16%	13%	

Fuente: elaboración propia

### **3.2.2.2 Ciudades medianas**

En las ciudades medianas los tiempos promedio de recorrido, para los tres horarios de simulación, son de alrededor de 60 minutos. En la Tabla 13 se observa que en las ciudades donde la RT tiene solo BRT la duración de los viajes aumenta alrededor del 20%, respecto del tiempo promedio de viaje.

Al comparar las ciudades con la misma estructura urbana pero diferente RT, en la ciudad monocéntrica con BRT los tiempos de viaje respecto de las que tienen BRT y metro aumenta más de un 30%. Al realizar esta comparación entre policéntricas, para los tres horarios de simulación la ciudad con metro y BRT permiten ahorros de tiempo cercanos al 50% respecto de las ciudades cuya red solo tienen BRT.

En la Tabla 14 se puede ver que las ciudades que presentan los mayores tiempos de recorrido son, también, las ciudades con mayor porcentaje de ocupación de la RT. La ciudad monocéntrica con BRT en los tres horarios de simulación presenta saturación de la RT, ya que el número de pasajeros que se encuentra dentro (a bordo o en espera), supera la capacidad de la RT. Mientras que en la ciudad policéntrica con BRT y metro los niveles de ocupación de la red en ningún momento del día presentan saturación y aún tienen un margen de crecimiento para atender un mayor volumen de viajes.

De acuerdo con los estos resultados en los tiempos de traslado y los niveles de ocupación de la RT, las ciudades policéntricas medianas son más eficientes respecto de las monocéntricas, sólo si tienen una red de transporte conformada por metro y BRT. Sin embargo, en los casos donde la RT solo tiene BRT, los tiempos de traslado en las HMD son más cortos en las ciudades

monocéntricas que en las policéntricas y en HV presentan los mismos tiempos de recorrido (ver Gráfica 3).

Con base en los datos obtenidos para las ciudades medias, no es posible realizar una conclusión general sobre el tipo de sistemas de TP o RT que resulta más eficiente para estas ciudades, no obstante, sí permiten observar que en la planeación de TP es importante considerar la configuración espacial de cada ciudad, pues lo que funciona en una puede no ser adecuada en otra que aparentemente tenga características similares.

Los resultados también indican que para el caso de las ciudades medianas es necesario llevar a cabo estudios más detallados y con un enfoque costo-beneficio para encontrar cual es el tipo de transporte o la configuración de la RT más adecuada para la dinámica de movilidad de cada ciudad

*Tabla 13 Ciudades medianas: tiempo total de viaje, respecto al promedio<sup>21</sup>*

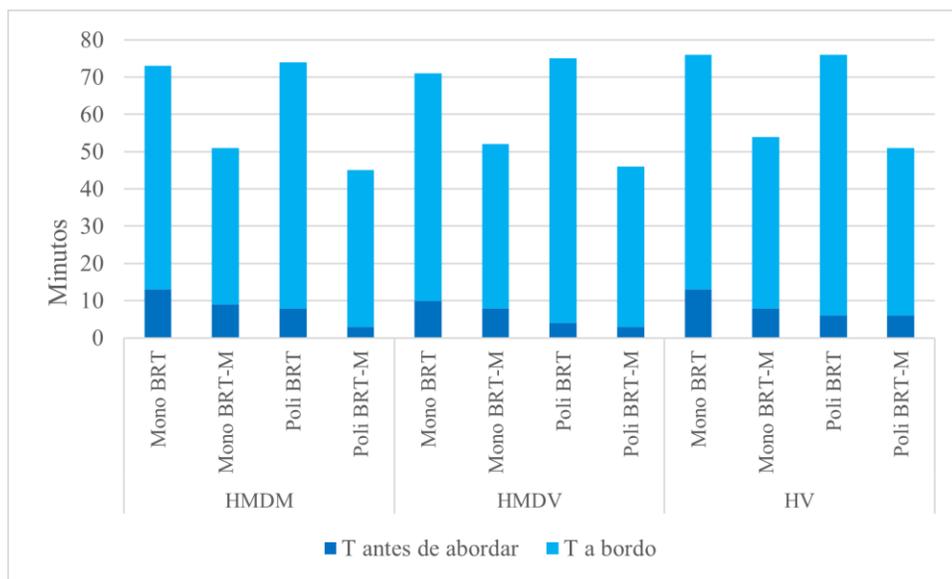
	HMDM	HMDV	HV
Monocéntrica, BRT	120%	116%	119%
Monocéntrica, BRT-metro	84%	84%	84%
Policéntrica, BRT	121%	123%	119%
Policéntrica, BRT-metro	74%	76%	80%

Fuente: elaboración propia

---

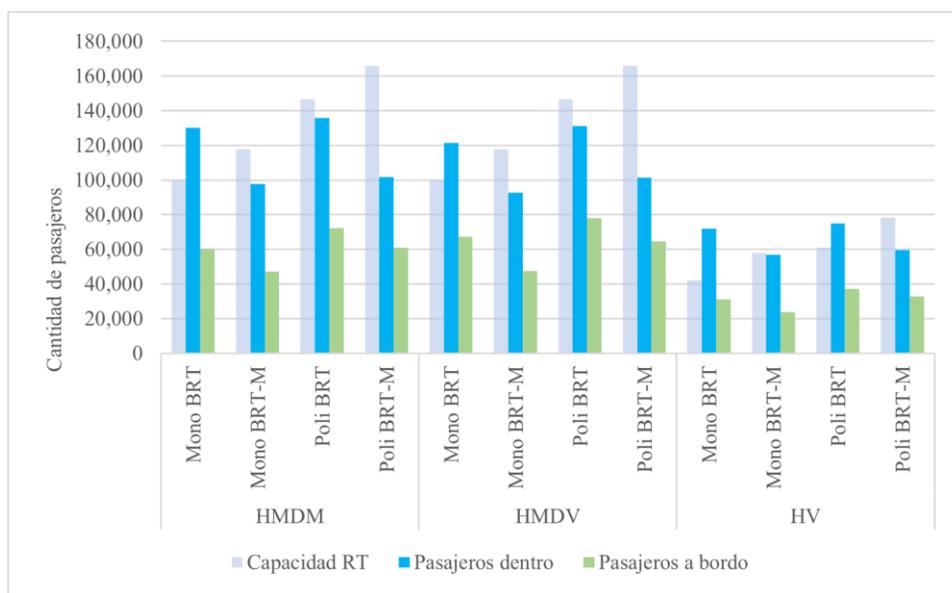
<sup>21</sup> El tiempo promedio de recorrido para cada horario de simulación representa el 100%, en HMDM y HMDV fue de 61 min y en HV de 64 min. Al leer por columna se observa para cada tipo de estructura y RT cuál es el tiempo de recorrido, respecto del promedio.

Gráfica 3 Tiempos de recorrido de las ciudades medianas



Fuente: elaboración propia

Gráfica 4 Nivel de ocupación de la RT en ciudades medianas



Fuente: elaboración propia

Tabla 14 Porcentaje de ocupación de la RT en ciudades medianas

	HMDM	HMDV	HV	Promedio
Monocéntrica, BRT	130%	121%	170%	140%
Monocéntrica, BRT-metro	83%	79%	98%	87%

Policéntrica, BRT	93%	90%	123%	102%
Policéntrica, BRT-metro	61%	61%	76%	66%
Promedio	92%	88%	117%	

Fuente: elaboración propia

Para entender por qué el número de pasajeros a bordo siempre es menor al número de pasajeros dentro y al de la capacidad máxima de RT es importante señalar que la dinámica de viajes e interacción entre zonas de las ciudades presenta fluctuaciones a lo largo del día<sup>22</sup> y las variaciones en los patrones de viaje ocasionan la saturación de algunas líneas y subutilización de otras, de acuerdo con el horario de simulación.

En la Gráfica 5, Gráfica 6 y Gráfica 7 se observa cómo fluctúa el número de pasajeros a bordo, por ruta, para los 3 horarios de simulación en la misma ciudad (ciudad mediana, policéntrica con metro y BRT). La letra indica el nombre de la ruta y el número en qué sentido circula. Las gráficas muestran que hay rutas que mantienen altos niveles de ocupación (como la C), pero mientras que en HMDM la C2 muestra el mayor nivel de ocupación, en HMDV la C1 es la que mayor cantidad de pasajeros transporta. En las rutas A, D y E se observa el mismo patrón, es decir en la mañana se satura en un sentido y en la tarde en el sentido contrario. Para la HV las rutas muestran niveles similares de ocupación en ambos sentidos.

El patrón de ocupación en las rutas no era un efecto buscado en el modelo, sin embargo, si es un fenómeno que se observa en la realidad, por la mañana las personas se trasladan hacia las zonas donde se concentran las actividades económicas y por la tarde hacia las zonas con mayor nivel de uso de suelo habitacional, generalmente un sentido de la circulación presenta saturación, mientras que el otro se encuentra desocupado o subutilizado.

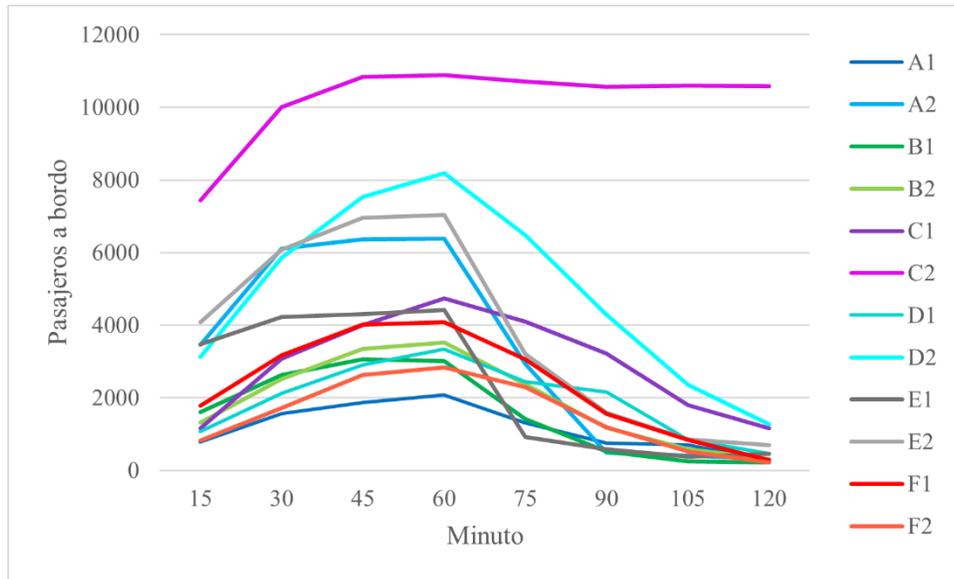
Estas gráficas también evidencian una de las ventajas del modelo. A partir del minuto 60 la ocupación desciende considerablemente porque en el experimento dejan de nacer nuevos agentes y por lo tanto el sistema empieza a desocuparse, con lo cual se puede observar la agilidad con la que se resuelve la saturación en las distintas RT. Si bien este fenómeno no sucede en la

---

<sup>22</sup> En la HMDM la mayor cantidad de viajes tienen origen en el uso de suelo habitacional con destino al uso de suelo comercial, mientras que en la HMDV y la HV el patrón es inverso, la mayor cantidad de viajes se producen en el uso de suelo comercial y con destino a uso de suelo habitacional. Para más información sobre la matriz de viajes, consultar la sección de submodelos en el *Apéndice 1: Overview, Design concepts and Details (ODD)*.

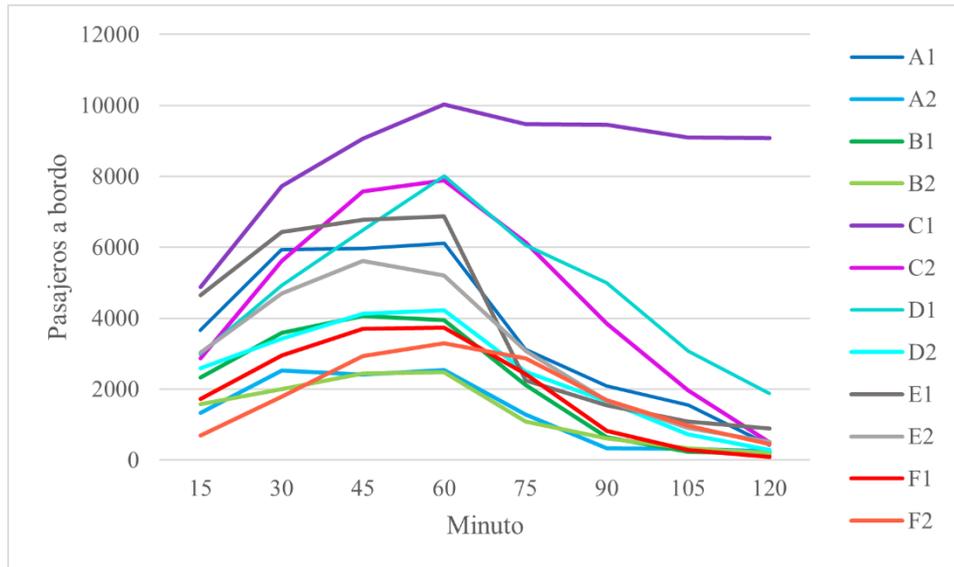
vida real, el modelo permite realizar este tipo de experimentos donde se pueden aislar y analizar ciertos efectos que con otras herramientas sería imposible observar.

*Gráfica 5 Pasajeros por ruta, ciudad mediana policéntrica con metro y BRT, HMDM*



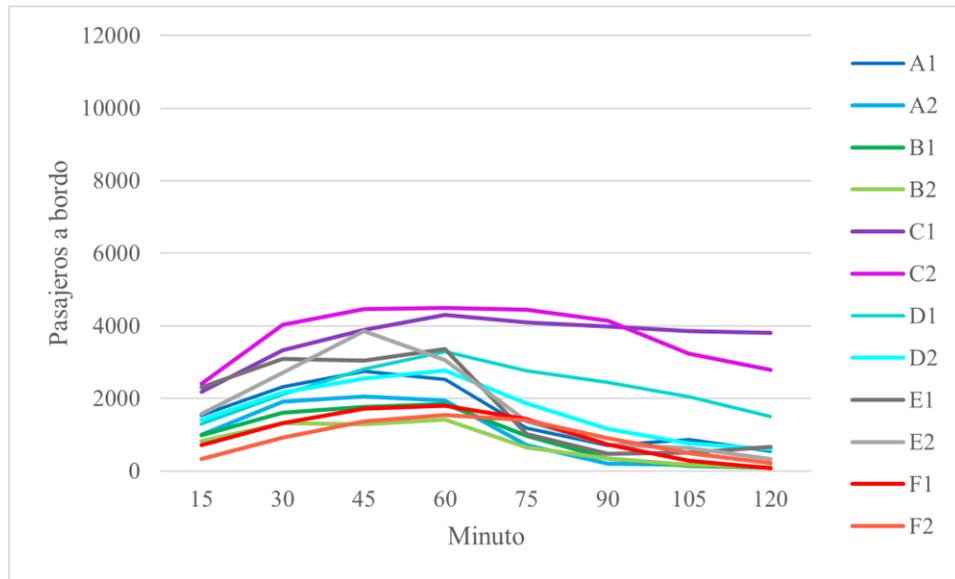
Fuente: elaboración propia

*Gráfica 6 Pasajeros por ruta, ciudad mediana policéntrica con metro y BRT, HMDV*



Fuente: elaboración propia

Gráfica 7 Pasajeros por ruta, ciudad mediana policéntrica con metro y BRT, HV



Fuente: elaboración propia

### 3.2.2.3 Ciudades grandes

En las ciudades grandes el tiempo de recorrido promedio es de alrededor de 95 minutos. Como se observa en la Tabla 15, para los tres horarios de simulación, la ciudad monocéntrica con BRT y metro presenta tiempos de traslado casi 40% menores respecto al promedio. Mientras que en las ciudades que solo tienen BRT, sin importar su tipo de estructura, los tiempos de recorridos son alrededor de un 30% mayores, respecto del promedio.

Para los 3 horarios, sin importar el tipo de estructura urbana, el tiempo de recorrido se duplica en las ciudades donde la RT solo tienen BRT, en comparación con las que tienen BRT y metro, mientras que para las primeras el tiempo de recorrido es de más de 2hrs, para las segundas es de entre 1 hr y 1:15 hrs (ver Gráfica 8).

En las ciudades grandes, la capacidad de la RT influye más en los tiempos de traslado que el tipo de estructura urbana, en las ciudades con BRT y metro la distribución en los tiempos de traslado es más compacta, en las ciudades que sólo tienen BRT el tiempo de traslado es mayor y presenta una dispersión más amplia (ver Tabla 16).

Las RT compuestas por metro y BRT no sólo muestran mayor nivel de eficiencia en los tiempos promedio, también en los niveles de ocupación y el porcentaje de pasajeros a bordo. Para todos los horarios, las ciudades donde la RT solo tiene BRT se encuentra saturada, como se puede ver en la Gráfica 9, el número de pasajeros dentro supera la capacidad de la RT.

Los resultados observados en los tiempos promedio de recorrido y los niveles de ocupación de RT indican que las ciudades con donde la RT está conformada por metro y BRT son más eficientes, respecto de las que sólo tienen BRT, por lo cual se puede inferir que es imprescindible que una ciudad grande cuente con un sistema troncal de capacidad masiva para atender la demanda de TP y que un sistema de capacidad media, como el BRT, no opera como un sustituto.

Si se asume que en las ciudades grandes es necesario contar un sistema de capacidad masiva, es importante analizar los efectos de la estructura en las ciudades que tienen una RT conformada por metro y BRT. De acuerdo con los resultados de la simulación, las ciudades monocentrica muestran tiempos de recorrido entre un 13% y 20% menores respecto de las policéntricas (Tabla 15) y la RT presenta niveles de ocupación menores. Los resultados obtenidos en estas variables muestran que en las ciudades grandes la estructura policéntrica no es más eficientes que las monocéntrica en términos de movilidad.

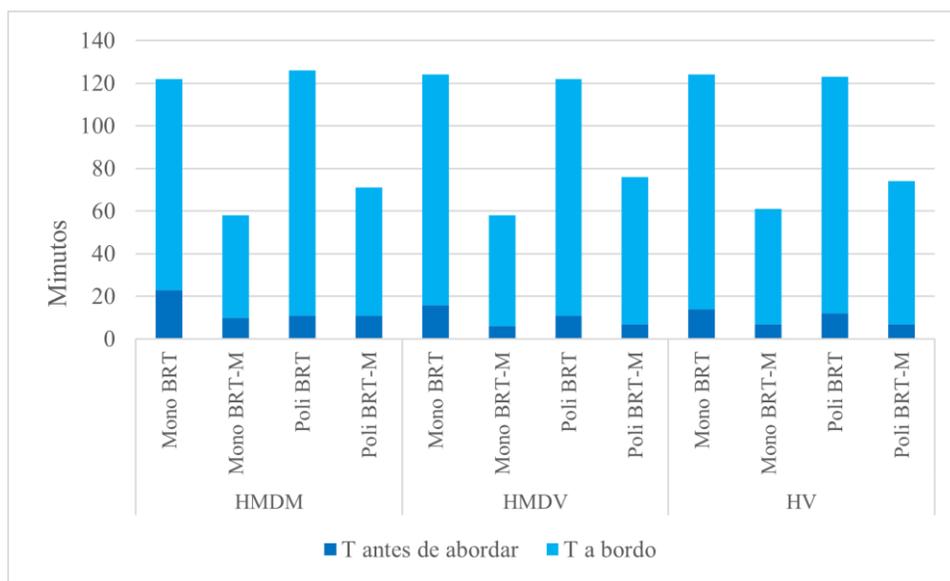
Este hallazgo coincide con los estudios de autores como Delgado & Suárez (2007), quienes a través de un análisis gravitacional encontraron que, lejos de lo que señala la teoría, la estructura policéntrica no garantiza la cercanía entre los lugares de residencia y los lugares de trabajo, ya que el número de personas económicamente activas por hogar se ha incrementado en las últimas décadas y los empleos que se han creado en los subcentros económicos emergentes no necesariamente corresponden con las necesidades y características de la población local. Fuentes Flores (2008), al estudiar la relación entre el modelo polinuclear y la dinámica de movilidad, encontró que en las ciudades latinoamericanas con estructura polinuclear el tiempo promedio y distancia de los viajes por motivo de trabajo se ha incrementado debido a la alta proporción de viviendas propias, ya que las personas ponderan factores como el precio y las características de la vivienda sobre la accesibilidad a su centro de trabajo.

Tabla 15 Ciudades grandes: tiempo total de viaje, respecto al promedio<sup>23</sup>

	HMDM	HMDV	HV
Monocéntrica, BRT	130%	131%	129%
Monocéntrica, BRT-metro	61%	61%	64%
Policéntrica, BRT	134%	128%	128%
Policéntrica, BRT-metro	77%	81%	77%

Fuente: elaboración propia

Gráfica 8 Tiempos de recorrido de las ciudades grandes



Fuente: elaboración propia

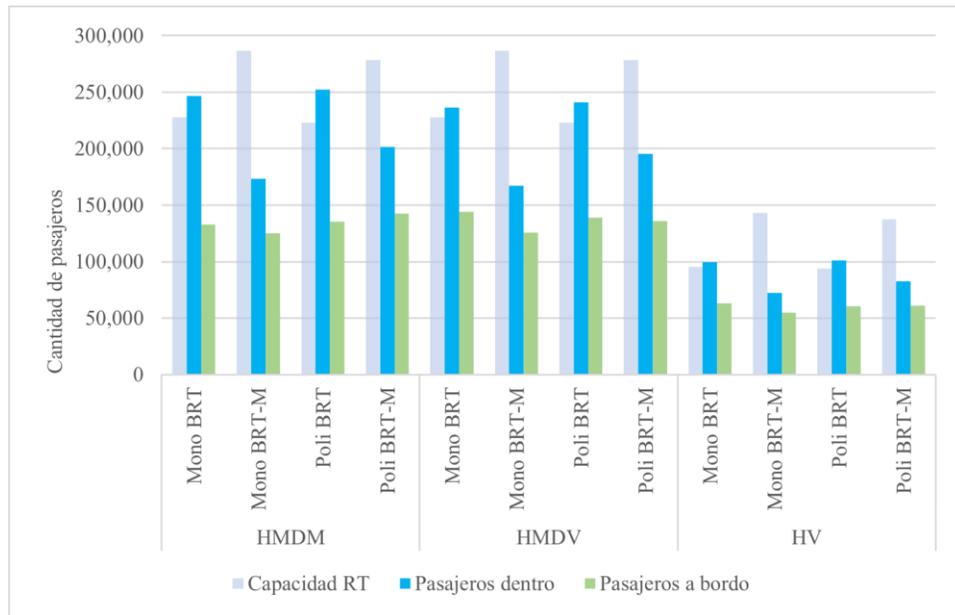
Tabla 16 Distribución tiempos de traslado en HMDM, ciudades grandes

	Min promedio de viaje	Desviación estándar
Monocéntrica, BRT	123	58
Monocéntrica, BRT-metro	57	47
Policéntrica, BRT	126	62
Policéntrica, BRT-metro	72	52

Fuente: elaboración propia

<sup>23</sup> El tiempo promedio de recorrido para cada horario de simulación representa el 100%, en HMDM fue de 94 min, en HMDV fue de 95 min y en HV de 96 min. Al leer por columna se observa para cada tipo de estructura y RT cuál es el tiempo de recorrido, respecto del promedio.

Gráfica 9 Nivel de ocupación de la RT en ciudades grandes



Fuente: elaboración propia

Tabla 17 Porcentaje de ocupación de la RT en ciudades grandes

	HMDM	HMDV	HV	Promedio
Monocéntrica, BRT	108%	104%	104%	105%
Monocéntrica, BRT-metro	60%	58%	50%	56%
Policéntrica, BRT	113%	108%	108%	110%
Policéntrica, BRT-metro	72%	70%	60%	67%
Promedio	88%	85%	81%	

Fuente: elaboración propia

## Conclusiones

El propósito del modelo de simulación basado en agentes que se presenta en este texto es analizar la conjunción de características urbanas que permiten que una red de TP con BRT como sistema troncal, funcione de manera eficiente. A través de una simplificación de características urbanas, se recrean ciudades prototipo para comparar múltiples escenarios que analizan la interacción entre ciudad y RT, el modelo combina 3 tamaños de ciudad, 2 tipos de estructura urbana, redes de transporte y tres horarios de simulación.

Al representar una simplificación de ciudades y condiciones reales en las que operan las RT, el modelo tiene algunas limitaciones, entre otras, la frecuencia de paso no está regulada por sentido del flujo de la demanda, sólo por horario; la operación de los BRT no incorpora obstáculos asociados al tráfico vehicular típico en HMD o controles de tránsito; tampoco analiza lo que sucede fuera de la RT, por ejemplo, el tiempo para llegar a cada estación, etc. A pesar de las limitaciones inherentes a cualquier análisis y particularmente al modelo de simulación, los resultados obtenidos muestran que sí existe variación en la eficiencia de la RT para los diferentes tamaños de ciudad, RT y tipos de estructura urbana.

De acuerdo con los resultados obtenidos, en las ciudades pequeñas, una RT con BRT es suficiente para gestionar de manera eficiente la demanda. El modelo también muestra, de acuerdo con las variables analizadas en este texto, que la estructura monocéntrica en las ciudades pequeñas es más eficiente en términos de movilidad cotidiana, respecto de las ciudades policéntricas.

Para las ciudades medianas, la estructura policéntrica es más eficiente siempre y cuando las ciudades tengan una RT conformada por metro y BRT; sin embargo, en las ciudades donde sólo hay BRT la estructura monocéntrica es más eficiente. Aunque es necesario llevar a cabo estudios de mayor profundidad, es evidente que la interacción entre la RT y la estructura urbana tiene efectos sobre la dinámica de movilidad de estas ciudades.

En las ciudades grandes el tipo de estructura urbana no influye significativamente en los tiempos de traslado, además, los resultados muestran que en las ciudades grandes los sistemas de capacidad media como los BRT no funcionan como sustitutos de los sistemas de capacidad masiva.

El análisis del modelo permite concluir que los sistemas BRT, como políticas de transporte que se ha popularizado en las últimas décadas, no en todos los casos es la mejor alternativa para ayudar a gestionar los problemas de movilidad. Las necesidades de desplazamiento no son únicas ni genéricas, dependen de las características individuales y colectivas de cada ciudad (Miralles- Guasch & Cebollada, 2003), por lo tanto, las políticas públicas deben poder adaptarse a las necesidades de los diferentes ciudadanos y a cada modelo

de ciudad y no a la inversa. Los modelos de simulación pueden sumarse a las herramientas analíticas que ayuden a estudiar las particularidades de cada caso.

Aunque los hallazgos de este texto constituyen un análisis exploratorio y para hacer recomendaciones se requieren estudios adicionales, más complejos o específicos, los resultados arrojan algunas líneas sobre las cuales es necesario ahondar ya que el experimento que se realizó es sólo un primer uso del modelo que desarrollé. Este modelo de simulación constituye una herramienta de análisis que puede ser empleada en futuros experimentos sobre entornos específicos o ciudades reales, sobre la configuración de diversas redes de transporte que incorpore elementos de análisis costo-beneficio o para estudiar los problemas de movilidad que enfrentan los usuarios antes de llegar a la RT y estimar costos y tiempos de trayecto de puerta a puerta, o sea, no sólo dentro de la RT. Sólo por mencionar algunos posibles usos.

Particularmente en los casos de las ciudades medianas y grandes es importante profundizar en la relación entre costos de operación, costos de inversión en infraestructura, costos temporales y costos ambientales de los diversos sistemas de transporte. El argumento más común a favor de la implementación de sistemas BRT se sustenta en que los costos de inversión en infraestructura son mucho más bajos que los costos que implican la construcción de sistemas férreos. Autores críticos a esta postura, sostienen que la evaluación de costos realizada a los sistemas BRT no es adecuada debido a que no se considera el costo de operación y mantenimiento a largo plazo (Filipe & Macário, 2013; Nikitas & Karlsson, 2015).

Por otra parte, Miralles Guasch y Cebollada (2003) consideran que además del costo de operación e inversión en infraestructuras, existen otros costos asociados al transporte, que regularmente se omiten, pero deben ser considerados en los análisis costos beneficio. Los costos temporales regularmente no se toman en cuenta porque no tienen una finalidad en sí mismos, pero se ejecutan para realizar otras actividades como trabajar, y entonces deben considerarse como parte de la jornada laboral no remunerada que tienen un costo social. También es necesario incluir los costos ambientales, que se traducen en externalidades asumidas por el conjunto de la sociedad y para estimarlos deben considerarse variables como el consumo de energía, las emisiones contaminantes, la contaminación acústica, la ocupación del suelo que produce expulsión de otros usuarios y accidentes de tránsito por tipo de transporte, entre otras.

## Bibliografía

- Adelt, F., Weyer, J., Hoffmann, S., & Ihrig, A. (2018). Simulation of the governance of complex systems (SimCo): Basic concepts and experiments on urban transportation. *JASSS*, 21(2). <https://doi.org/10.18564/jasss.3654>
- Avellaneda, Paul & Lazo, Alejandra (2011). Aproximación a la movilidad cotidiana en la periferia pobre de dos ciudades latinoamericanas. Los casos de Lima y Santiago de Chile. *Revista Transporte y Territorio*, No 4, 47-58.
- Avellaneda, Paul (2008). Movilidad cotidiana, pobreza y exclusión social en la ciudad de Lima. *Anales de geografía*, vol. 28, núm. 2, pp. 9-35.
- BRT + Centre of Excellence y EMBARQ. “Global BRTData” Versión 3.58, march 23, 2021 <http://www.brtdata.org>
- Castells, Manuel (2017), primera edición (1974). *La Cuestión urbana*. Siglo XXI. Ciudad de México.
- Delgado, Javier & Suárez Manuel (2007). Estructura y eficiencia urbanas. Accesibilidad a empleos, localización residencial e ingreso en la ZMCM 1990-2000. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 023, 693-724.
- Dussauge Laguna, M. I. (2012). La transferencia de políticas como fuente de innovación gubernamental: promesas y riesgos. *Estado, Gobierno, Gestión Pública, Revista Chilena de Administración Pública*, No 19, 51–79.
- Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México (EOD)* 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- Filipe, L. N., & Macário, R. (2013). A first glimpse on policy packaging for implementation of BRT projects. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 150–157.

- Fuentes Flores, C. M. (2008). La estructura urbana y las diferencias espaciales en el tiempo de traslado del viaje al trabajo en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 23(1), 55–81.
- Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Grimm, V., Berger, U., Bastiansen, F., Eliassen, S., Ginot, V., Giske, J., Goss-Custard, J., Grand, T., Heinz, S. K., Huse, G. et al. (2006). A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological Modelling*, 198(1), 115–126. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.04.023>
- Grimm, V., Berger, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J. & Railsback, S. F. (2010). The ODD protocol: A review and first update. *Ecological Modelling*, 221(23), 2760–2768. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.08.019>
- Gutiérrez, A. (2013). ¿Qué es la movilidad? Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte. *Bitácora Urbano Territorial*, 21 (2), 61–74.
- Harris, C. D. & Ullman, E. L. (1945). The nature of cities. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Sciences*. 242(1), 7-17. [doi:10.1177/000271624524200103](https://doi.org/10.1177/000271624524200103)
- Islas Rivera, Víctor (2000). *Llegando tarde al compromiso: La crisis del transporte en la ciudad de México*. México. El Colegio de México.
- Meurs, H., & Haaijer, R. (2001). Spatial structure and mobility, Transportation Research Part D: *Transport and Environment*, 6(6), 429–446. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(01\)00007-4](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(01)00007-4)
- Miralles-Guasch, Carmen (2002). *Ciudad y transporte: el binomio imperfecto*. Barcelona. Ariel.

- Miralles-Guasch, C., & Cebollada, Á. (2003). *Movilidad y transporte. Opciones políticas para la ciudad*. Fundación Alternativas, N 25.
- Molinero, A., & Sánchez, L. (2005). *Transporte público: planeación, diseño y operación y administración (1 reimpresión)*. Toluca, Estado de México: Universidad Nacional Autónoma del Estado de México.
- Montero, S. (2017). Worlding Bogotas Ciclovía: From Urban Experiment to International “Best Practice.” *Latin American Perspectives*, 44 No2(213), 111–131. <https://doi.org/10.1177/0094582X16668310>
- Nikitas, A., & Karlsson, M. (2015). A worldwide state-of-the-art analysis for Bus Rapid Transit: Looking for the success formula. *Journal of Public Transportation*, 18(1), 1–33.
- Pardo, Carlos Felipe (2009). *Los cambios en los sistemas integrados de transporte masivo en las principales ciudades de América Latina*. Santiago de Chile. CEPAL
- Park, Robert E., Ernest Burgess & McKenzie, Roderick (1925). *The City*. University of Chicago Press.
- Priemus, H., Nijkamp, P., & Banister, D. (2001). Mobility and spatial dynamics: An uneasy relationship. *Journal of Transport Geography*, 9(3), 167–171. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(01\)00007-2](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(01)00007-2)
- Ramírez, F. A. (2019). *Transmilenio en cifras. Estadística de oferta y demanda del Sistema Integrado de Transporte Público- SITP*. Transmilenio S.A., Alcaldía de Bogotá, Informe No. 57.
- Ramos, L. (2014). *Ciudades Humanas: La Movilidad Urbana de León*. Observatorio Ciudadano de León.
- Silva Ardila, D. (2020). Global policies for moving cities: the role of think tanks in the proliferation of Bus Rapid Transit systems in Latin America and worldwide. *Policy and Society*, 39(1), 70–90. <https://doi.org/10.1080/14494035.2019.1699636>

- Suzuki, H., Cervero, R., & Iuchi, K. (2013). *Transforming cities with transit. Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban development*. In Urban development series. Washington. The World Bank.
- Tuzobus, Sistema Integrado de transporte Masivo de la Zona Metropolitana de Pachuca, (28 de abril 2021). *Preguntas frecuentes*. [http://p-tuzobus.hidalgo.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=235&Itemid=1555&lang=es](http://p-tuzobus.hidalgo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=235&Itemid=1555&lang=es).
- Urquhart, N., Powers, S., Wall, Z., Fonzone, A., Ge, J., & Polhill, G. (2019). Simulating the actions of commuters using a multi-agent system. *JASSS*, 22(2). <https://doi.org/10.18564/jasss.4007>
- Wright, L., & Hook, W. (2007). *Bus Rapid Transit planning guide*. ITDP. [www.itdp.org/index.php/microsite/brt\\_plannin](http://www.itdp.org/index.php/microsite/brt_plannin)
- Zambrano, J. L., Calafate, C. T., Soler, D., Cano, J., & Manzoni, P. (2016). Simulación de Tráfico Vehicular en base a Trazas Reales. *Actas Jornadas Sarteco*, 673–679.

### **3.3 Apéndice 1: Overview, Design concepts and Details (OOD)**

Esta sección describe, con base en el protocolo Descripción general, Conceptos de diseño y Detalles (OOD por sus siglas en inglés) propuesto por Grimm, et al (2006, 2010), los elementos técnicos de la elaboración y calibración del modelo de simulación.

#### **3.3.1 Objetivo**

El modelo de simulación que se desarrolla en este texto tiene el objetivo de analizar la conjunción de características urbanas que permiten que una red de TP con BRT como sistema troncal, funcione de manera eficiente.

#### **3.3.2 Agentes**

El modelo considera tres tipos de agentes:

*Pasajeros:* Los agentes del tipo pasajero representan a las personas que realizan viajes al interior de una ciudad, cada uno nace con un identificador y una ruta con origen y destino. Dentro del modelo de simulación cada agente de este tipo representa 10 pasajeros para reducir el costo de los cálculos y uso de los recursos sin alterar los resultados.

*Autobuses tipo BRT:* Son sistemas de TP de capacidad media que circulan por rutas definidas que representa los carriles confinados por donde circulan regularmente estos sistemas. Los autobuses tienen capacidad para 24 agentes de tipo pasajero (es decir, 240 pasajeros reales), y avanzan a una velocidad de 20 km/hr. Las estaciones de ascenso y descenso se ubican cada 500 mts. Estas características se definieron con base en los criterios técnicos paramétricos establecidos para estos sistemas (Wright & Hook, 2010)

*Metro:* Son sistemas de TP de alta capacidad que circulan por vías férreas, cada metro tiene capacidad para transportar 126 agentes del tipo pasajero (lo que representa 1,260 pasajeros reales), esta capacidad representa un tren con 6 vagones. La velocidad de circulación es de 60km/hr y las estaciones se ubican a cada 1000 mts. Estas características se definieron con base en los criterios técnicos paramétricos establecidos para estos sistemas (Molinero & Sánchez, 2005).

## Entorno

Para analizar la interacción entre la estructura urbana, la dinámica de viajes y la eficiencia de la RT, el modelo combina 3 elementos: el tamaño de la ciudad, la estructura urbana y la red de TP, a partir de la combinación de estas variables se obtienen 12 entornos de simulación (ver Tabla 18).

Las tipologías del modelo no tienen el objetivo de replicar ciudades reales, el entorno de la simulación es una simplificación de las características urbanas previamente planteadas. Sin embargo, el diseño de las ciudades tipológicas se basa en características de ciudades reales como Pachuca, Hidalgo; León, Guanajuato; Bogotá, Colombia y CDMX, entre otras. Los criterios que se consideraron fueron el tamaño de la población, la extensión geográfica, la configuración la red de transporte público, la demanda de pasajeros y la matriz de viajes de acuerdo con los usos de suelo. Cada parcela, o patch, dentro del modelo representa 250 mts.

La forma urbana, los usos de suelo y la oferta de transporte afectan el flujo de viajes, que se genera como consecuencia de la distribución y concentración de las actividades cotidianas (Avellaneda, 2008; Priemus et al 2001). Para generar patrones de viajes, en el modelo se consideraron tres tipos de uso de suelo en cada ciudad: uso habitacional, comercial y mixto.

*Tabla 18 Entornos de simulación<sup>24</sup>*

Tamaño de ciudad	Estructura	Red de TP
Ciudad Pequeña	Policéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT
	Monocéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT
Ciudad Mediana	Policéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT
	Monocéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT
Ciudad Grande	Policéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT
	Monocéntrica	Sólo BRT
		Metro y BRT

Fuente: Elaboración propia

<sup>24</sup> Para visualizar los entornos de simulación, se puede consultar el Apéndice 2: Entornos de simulación

### 3.3.3 Reglas de comportamiento

El número de pasajeros representa la demanda de transporte y cambia de acuerdo con el horario de simulación porque los flujos de los viajes se modifican de acuerdo con los motivos de viajes y la distribución de las actividades cotidianas. Para observar cómo la red de transporte gestiona la demanda de viajes, para cada entorno se simulan tres periodos: La hora de máxima demanda matutina (HMDM), la hora valle (HV) y la hora de máxima demanda vespertina (HMDV). Se analizan estos tres horarios debido a que el número de pasajeros en horas de máxima demanda (HMD) dictan la capacidad que debe tener el sistema y la HV es el momento de menor ocupación. Con base en esta información se definen los criterios de operación y gestión de los recursos de los sistemas de transporte a lo largo de un día (Molinero & Sánchez, 2005). Cada entorno de simulación es un tipo de ciudad con una RT establecida (para ver los entornos de simulación se puede consultar el *Apéndice 2: Entornos de simulación*).

Dentro del modelo, la demanda cambia por horario de simulación para cada tamaño de ciudad, sin embargo, permanece igual por tipo de estructura y RT (ver Tabla 19); con el propósito de comparar la eficiencia de la RT en distintos escenarios.

Los vehículos nacen de acuerdo con la frecuencia establecida en el horario de simulación (ver Tabla 20), recorren la ruta según la línea a la que pertenece y el tipo de transporte que representa.

El tiempo dentro del modelo es una variable discreta, cada unidad de tiempo en la simulación (tick) representa 10 segundos de tiempo real. En función de la demanda establecida, el modelo divide la demanda entre 10 (por el agente persona) y genera el número de pasajeros de manera homogénea a lo largo de 360 ticks (60 minutos reales).

*Tabla 19 Demanda de viajes por tamaño de ciudad y horario de simulación*

Período de simulación	Ciudad Pequeña <sup>25</sup>	Ciudad Mediana <sup>26</sup>	Ciudad Grande <sup>27</sup>
HMDM	13,960	160,000	273,540
HV	5,570	88,550	109,040
HMDV	13,190	151,210	258,580

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 20 Frecuencia de transporte por horario de simulación*

	BRT <sup>28</sup>	Metro <sup>29</sup>
HMDM y HMDV	Cada 2 minutos (12 ticks)	Cada 2 minutos (12 ticks)
HV	Cada 5 minutos (30 ticks)	Cada 4 minutos (24 ticks)

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la probabilidad condicional programada en la matriz de viajes<sup>30</sup>, cada pasajero nace con un patch origen, un patch destino y un identificador. El sistema genera una ruta para cada pasajero, de acuerdo con las estaciones más cercanas a su origen y destino. Si la ruta de un pasajero no requiere utilizar la red de TP, se descarta de la simulación.

Las personas llegan caminado a la estación más cercana y esperan un autobús o metro que tenga disponibilidad y coincida con la siguiente estación en su ruta. En cada tick se revisa si la siguiente estación del vehículo coincide con la de la persona, si coinciden se mantiene dentro, en caso de que la siguiente estación sea diferente a la del pasajero, la persona se baja para realizar una transferencia y busca un vehículo que tenga disponibilidad y coincida con su ruta, una vez que llega a su estación destino sale de la RT.

<sup>25</sup> Los datos de demanda se estimaron tomando como referencia el Tuzobus, que opera en Pachuca, Hidalgo una ciudad de tamaño pequeño que cuenta sistema BRT. Fuente: Tuzobus, Sistema Integrado de transporte Masivo de la Zona Metropolitana de Pachuca, (28 de abril 2021), Preguntas frecuentes, [http://p-tuzobus.hidalgo.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=235&Itemid=1555&lang=es](http://p-tuzobus.hidalgo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=235&Itemid=1555&lang=es).

<sup>26</sup> Los datos de demanda para las ciudades medias se estimaron tomando como referencia el Optibús en León, Guanajuato, primera ciudad en México en implementar un sistema de transporte masivo urbano basado en el modelo BRT. Fuente: Ramos, L. (2014). Ciudades Humanas: La Movilidad Urbana de León. Observatorio Ciudadano de León.

<sup>27</sup> Los datos de demanda para las ciudades grandes se estimaron tomando como referencia el Transmilenio en Bogotá. Fuente: Ramírez, F. A. (2019). Transmilenio en cifras. Estadística de oferta y demanda del Sistema Integrado de Transporte Público- SITP. Transmilenio S.A., Alcaldía de Bogotá, Informe No. 57

<sup>28</sup> La frecuencia se programó de acuerdo con criterios paramétricos definidos por Wright & Hook (2010) para la operación de los sistemas BRT en HMD y HV.

<sup>29</sup> La frecuencia se programó de acuerdo con criterios paramétricos definidos por Molinero & Sánchez, (2005) para la operación de los sistemas de tipo metro en HMD y HV.

<sup>30</sup> La construcción de la matriz de viajes se detalla en la sección de submodelos

### 3.3.4 Conceptos de diseño

**Movilidad cotidiana:** La movilidad cotidiana es un concepto que refiere al conjunto de los desplazamientos habituales que realiza la población dentro de un territorio delimitado, con la finalidad de satisfacer distintas necesidades o para acceder a bienes y servicios y que resulta de la interacción entre las diferentes zonas de la ciudad, dadas las múltiples actividades complementarias que se realizan en ellas (Gutiérrez ,2013; Islas, 2000; Miralles-Guasch, 2002).

**Estructura urbana:** Es resultado de las diversas formas de articulación entre los sistemas económicos, jurídico-políticos e ideológicos. La configuración espacial es, por tanto, la expresión material concreta de una sociedad en un momento histórico determinado (Castells, 2017). La estructura monocéntrica propone que las diferentes actividades que se desarrollan en una ciudad se organizan en torno a un único centro económico preponderante (Park, Burgess & McKenzie, 1925). La estructura policéntrica propone que la estructura de la ciudad no se organiza en torno a un único distrito central sino de varios núcleos separados que actúan, cada uno, como centros de crecimiento (Harris & Ullman, 1945).

**Emergencia y adaptación:** El modelo no considera procesos de adaptación que modifique de forma automática el comportamiento de los agentes y su interacción con el entorno

**Objetivos:** El objetivo de los pasajeros es completar su viaje y seguir la ruta más eficiente que le permita llegar a su patch destino. El objetivo de los vehículos es realizar el recorrido trazado por su ruta y transportar al mayor número de pasajeros de manera simultánea, de acuerdo con su capacidad disponible.

**Aprendizaje y predicción:** No se espera que los agentes presenten algún tipo de aprendizaje que modifiquen sus parámetros de comportamiento a lo largo de la simulación.

**Sensores (Sensing):** Los vehículos de TP conocen la capacidad que tienen y la ruta que deben seguir. Los pasajeros saben su punto de origen y de destino, conocen la disponibilidad en los vehículos y si la siguiente estación de un vehículo coincide o no con la ruta que le permite llegar a su destino.

*Interacción directa:* Los vehículos interactúan de manera directa con los pasajeros a través del volumen de viajes que gestionan.

*Interacción indirecta:* Los vehículos interactúan de manera indirecta cuando se generan viajes intermodales o transferencias que afectan la demanda que cada uno transporta.

*Estocasticidad:* Las probabilidades de origen y destino se generan a partir de números aleatorios que representan la probabilidad de viajes entre los diferentes tipos de uso de suelo para los distintos periodos de simulación.

También el orden de ejecución entre los pasajeros es aleatorio. Es decir, el agente A puede moverse antes del agente B en el primer tick, pero puede ser al revés en el siguiente tick.

*Colectivos:* Ninguno de los agentes pertenece a alguna categoría de agregación que afecte su comportamiento.

*Observaciones:* A partir del tick 700 el modelo arroja resultados a nivel de ruta y de pasajero. En cada tick, se reporta por ruta la cantidad de pasajeros en estación y la cantidad de pasajeros a bordo de un vehículo.

Los pasajeros reportan sus estadísticas en el momento en que llegan a su destino, cada uno reporta su id, el tick en el que nació, cuándo ingresa a una estación, en qué momento aborda su primer autobús, el número de transferencias que realizó, la cantidad y el tipo (BRT o metro) de vehículos que abordó, el tiempo, en minutos, que permaneció dentro del sistema y el tiempo, en minutos, que se mantuvo a bordo de un vehículo.

En el momento en que la simulación se detiene se genera un reporte con el estatus de cuántos pasajeros aún se encuentran dentro de una estación o a bordo de un vehículo, cuántos llegaron a su destino, cuál fue la cantidad máxima de pasajeros dentro del sistema y a bordo de un vehículo, de manera concurrente

### 3.3.5 Submodelos

Para generar el patrón de viajes dentro del modelo, se analizó la Encuesta Origen Destino (EOD) 2017 en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México ZMVM. Se obtuvieron las matrices de viaje en HMD y HV por motivo, distrito de origen y destino, con lo cual se estimaron las probabilidades de origen y destino por tipo de uso de suelo en los diferentes periodos de simulación (Ver Tabla 21)

Cuando un agente del tipo persona nace, el sistema genera un número aleatorio que representa la probabilidad de distribución de viajes, en función de dónde se inserte este número dentro de la matriz de viajes para cada periodo, se genera el origen y destino de cada persona

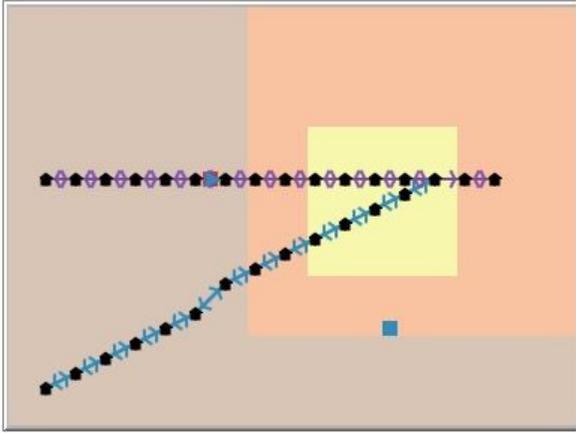
*Tabla 21 Matriz de viajes por horario de simulación*

HMDM		Destino		
		Residencial	Comercial	Mixto
Origen	Residencial	0.6	37	25
	Comercial	1.9	2.5	1.3
	Mixto	2.7	14	15
	Total	5.2	53.5	41.3
HMDV		Destino		
		Residencial	Comercial	Mixto
Origen	Residencial	1	0.56	1.7
	Comercial	51	0.75	3.8
	Mixto	37.6	0.9	2.7
	Total	89.6	2.2	8.2
HV		Destino		
		Residencial	Comercial	Mixto
Origen	Residencial	14.4	4.5	1.2
	Comercial	38.5	7.4	2
	Mixto	18.6	10.5	2.9
	Total	71.5	22.4	6.1

Fuente: Elaboración propia

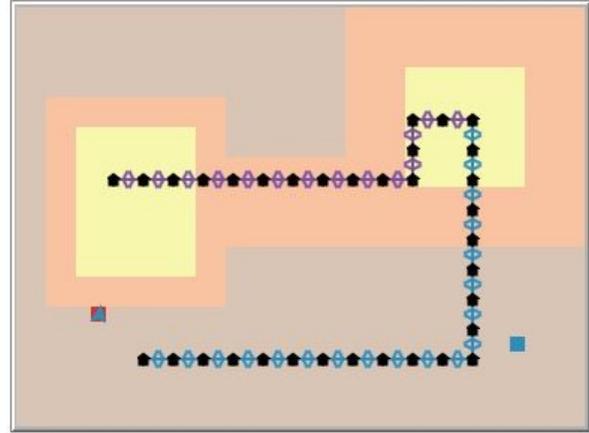
### 3.4 Apéndice 2: Entornos de simulación

Figura 5 Ciudad pequeña, monocéntrica, BRT



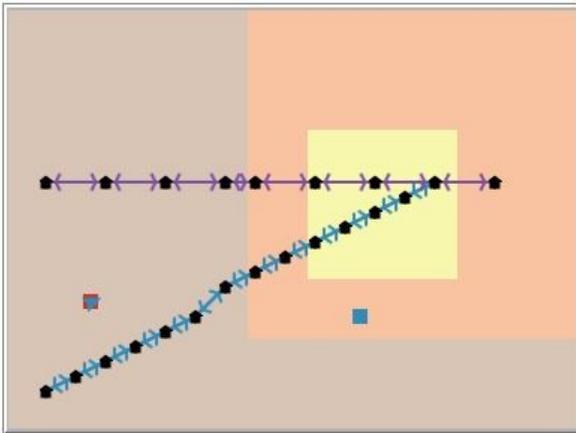
Fuente: elaboración propia

Figura 7 Ciudad pequeña, policéntrica, BRT



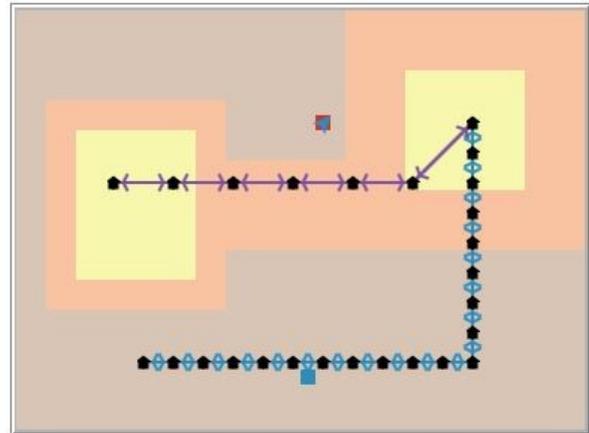
Fuente: elaboración propia

Figura 6 Ciudad pequeña, monocéntrica, Metro-BRT



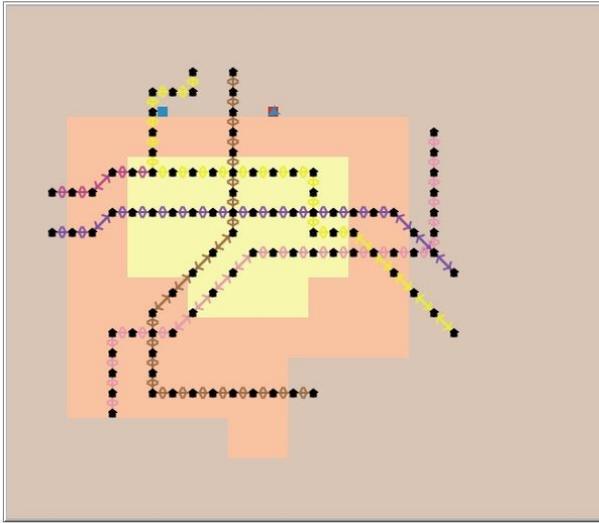
Fuente: elaboración propia

Figura 8 Ciudad pequeña, policéntrica, Metro-BRT



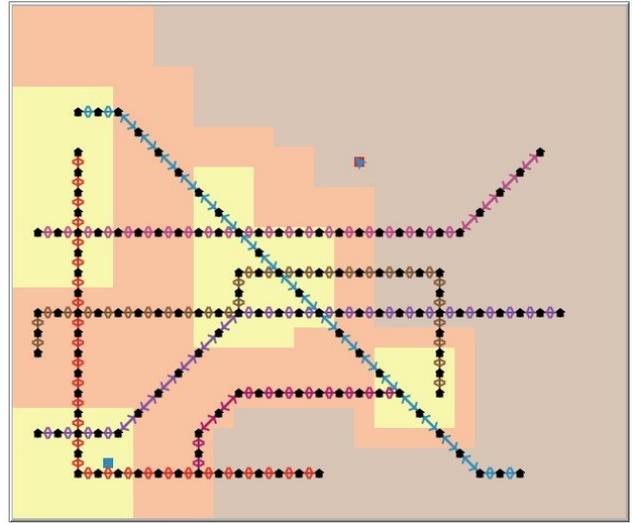
Fuente: elaboración propia

Figura 9 Ciudad mediana, monocéntrica, BRT



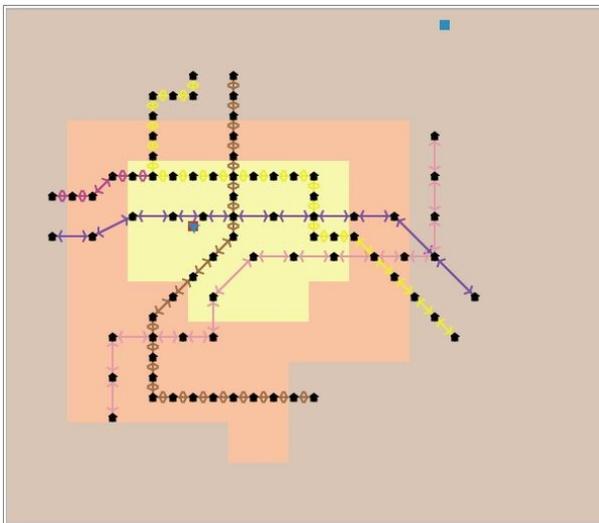
Fuente: elaboración propia

Figura 11 Ciudad mediana, policéntrica, BRT



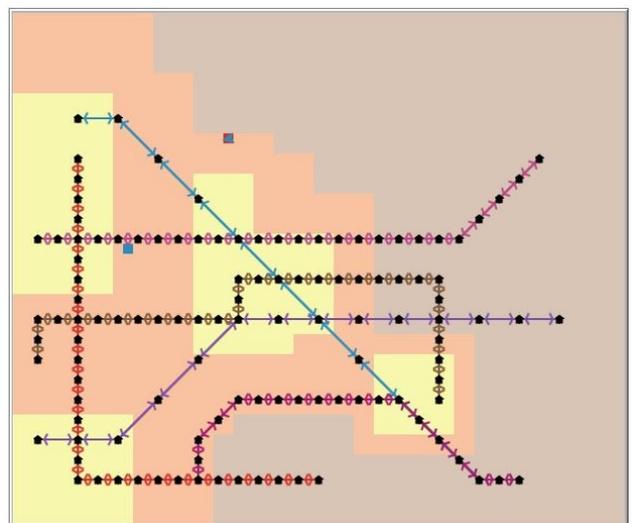
Fuente: elaboración propia

Figura 10 Ciudad mediana, monocéntrica, Metro-BRT



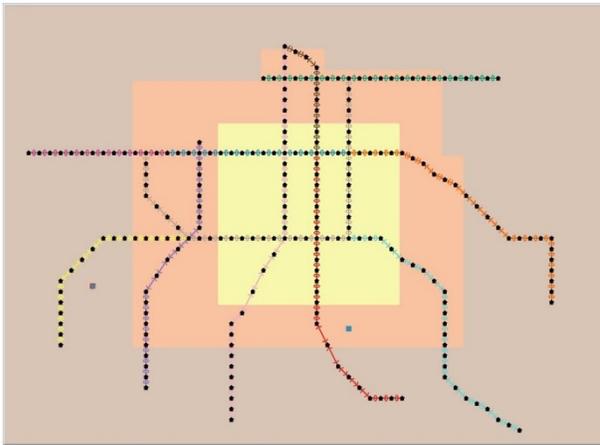
Fuente: elaboración propia

Figura 12 Ciudad mediana, policéntrica, Metro-BRT



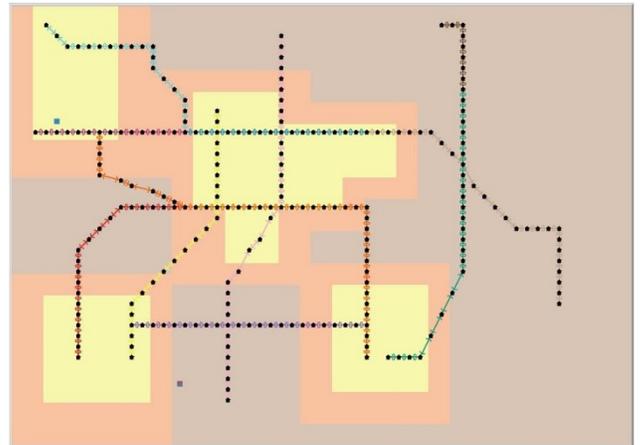
Fuente: elaboración propia

*Figura 13 Ciudad grande, monocéntrica,  
BRT*



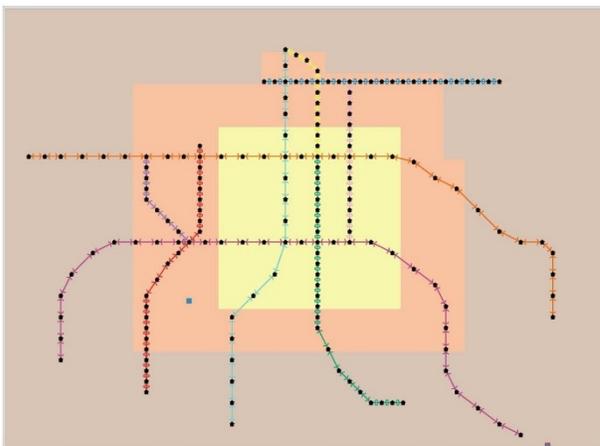
Fuente: elaboración propia

*Figura 15 Ciudad grande, policéntrica,  
BRT*



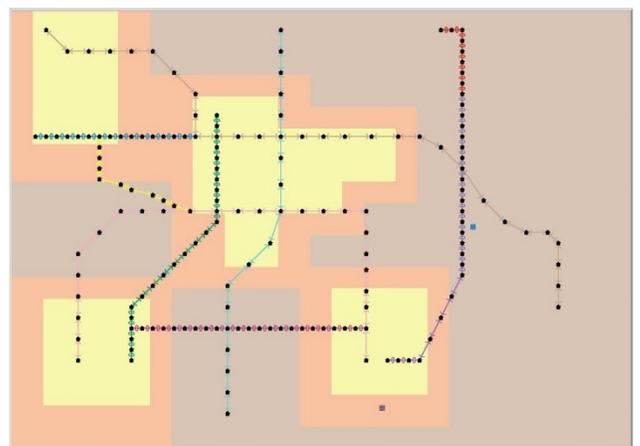
Fuente: elaboración propia

*Figura 14 Ciudad grande, monocéntrica,  
Metro-BRT*



Fuente: elaboración propia

*Figura 16 Ciudad grande, policéntrica,  
Metro-BRT*



Fuente: elaboración propia

### **3.5 Apéndice 3: Detalle de los resultados por tamaño de ciudad**

Los resultados de la simulación se presentan por tamaño de ciudad, comparando los tiempos de traslado y el nivel de ocupación de la red de transporte por horario de simulación y el tipo de estructura urbana.

#### **3.5.1 Ciudades pequeñas**

Como se observa en la Tabla 22, en las ciudades pequeñas los tiempos de recorrido promedio en los tres periodos de simulación es de alrededor de 30 min. Para la HMDM las personas viajan en promedio 30 min, una vez que entran a la RT. La ciudad monocéntrica con metro y BRT tiene los tiempos de recorrido más rápido con 17 min, mientras que en las ciudades policéntricas con sólo BRT el tiempo prácticamente se triplica, con 46 min.

En la HMDV el tiempo de traslado promedio es de 32 min; mientras que para la HV es de 34 min, al observar por tipo de ciudad y RT, en ambos casos se observan los mismos patrones que los descritos en la HMDM.

Los tiempos de espera promedio antes de abordar el primer vehículo son de 0 min, lo cual significa que un pasajero aborda el primer autobús o metro que pasa. Como se observa en la Tabla 22, prácticamente todos los pasajeros dentro de la red de transporte se encuentran a bordo de un autobús o metro, por lo cual, no existen tiempos de espera. Los minutos de diferencia en los tiempos de recorrido entre las HMD y la HV se puede explicar por la frecuencia de paso.

En la HMDM la ciudad monocéntrica con sólo BRT el tiempo promedio de viaje es de 29 min, mientras que en la policéntrica con sólo BRT es de 46 min, es decir 17 min más, lo cual equivale a un tiempo de viaje 58% mayor, respecto de la primera. En el mismo horario en las ciudades con BRT y metro el tiempo de recorrido en la ciudad monocéntrica es de 17 min y en la policéntrica de 29. Este patrón de viaje se repite en la HMDV y la HV.

La Tabla 23 muestra que el nivel promedio de ocupación en la RT de las ciudades pequeñas es de 15%. El máximo nivel de ocupación observado, con 22%, se da en las HMD, tanto matutina como vespertina, en la ciudad policéntrica con solo BRT.

Tabla 22 Tiempos de recorrido de las ciudades pequeñas

Tipo de ciudad	Horario	T (min) a bordo	T (min) antes de abordar	T (min) total	T (min) Promedio
Monocéntrica, BRT	HMDM	29	0	29	30
Monocéntrica, BRT-metro		17	0	17	
Policéntrica, BRT		46	0	46	
Policéntrica, BRT-metro		29	0	29	
Monocéntrica, BRT	HMDV	31	0	31	32
Monocéntrica, BRT-metro		18	0	19	
Policéntrica, BRT		47	0	47	
Policéntrica, BRT-metro		30	0	30	
Monocéntrica, BRT	HV	33	0	34	34
Monocéntrica, BRT-metro		20	1	20	
Policéntrica, BRT,		48	0	48	
Policéntrica, BRT-metro		32	1	33	

Fuente: elaboración propia

Tabla 23 Niveles de ocupación de la RT en ciudades pequeñas

Tipo de ciudad	Horario	Capacidad RT	Pasajeros dentro	Pasajeros a bordo	% Ocupación de la RT	% Pasajeros a bordo
Monocéntrica, BRT	HMDM	28,080	4,740	4,739	17%	100%
Monocéntrica, BRT-metro		33,840	2,934	2,881	9%	98%
Policéntrica, BRT		29,520	6,443	6,441	22%	100%
Policéntrica, BRT-metro		33,420	4,488	4,464	13%	99%
Monocéntrica, BRT	HMDV	28,080	5,420	5,420	19%	100%
Monocéntrica, BRT-metro		33,840	3,320	3,240	10%	98%
Policéntrica, BRT		29,520	6,633	6,633	22%	100%
Policéntrica, BRT-metro		33,420	4,766	4,753	14%	100%
Monocéntrica, BRT	HV	11,760	1,879	1,854	16%	99%
Monocéntrica, BRT-metro		18,360	1,204	1,160	7%	96%
Policéntrica, BRT,		12,480	2,223	2,205	18%	99%
Policéntrica, BRT-metro		17,280	1,658	1,633	10%	98%

Fuente: elaboración propia

### 3.5.2 Ciudades Medianas

Para las ciudades medianas el tiempo de recorrido promedio en HMDM es de 61 min. Al comparar por tipo de estructura similares, las ciudades que tienen metro y BRT como sistema

troncal, permiten reducir la duración del viaje más de 20 min, respecto de las que solo tienen BRT. Por otra parte, para este horario de simulación, con 45 min, la ciudad policéntrica con metro y BRT presenta los tiempos de recorrido más bajos, mientras que en la ciudad policéntrica con solo BRT el tiempo de recorrido es de 74 min, es decir 29 min más (ver Tabla 24).

Como se observa en la Tabla 25, las ciudades que presentan los mayores tiempos de recorrido son, también, las ciudades con mayor porcentaje de ocupación en la HMDM. Las ciudades monocéntricas con BRT tienen un nivel de ocupación de 130% respecto de la capacidad de la RT, mientras que, las ciudades con redes de transporte metro-BRT presentan niveles más bajos de ocupación, lo cual explica que los tiempos de espera antes de abordar el primer vehículo sean menores.

Considerando que ambos sistemas de transporte tienen una frecuencia de 2 min en HMDM, los pasajeros de las ciudades monocéntricas con BRT esperan, en promedio, más de 6 autobuses antes de abordar. En tanto que, en las policéntricas con metro y BRT, en promedio sólo esperan 1.5 vehículos antes de poder abordar el primero.

La capacidad de la RT en conjunto con la velocidad de operación explican porque el número máximo de pasajeros de manera concurrente es menor en las RT que tienen metro y BRT respecto de las que sólo tienen BRT.

En HMDV el tiempo promedio de recorrido es de 62 min, las ciudades con metro y BRT presentan los mejores tiempos de viaje. Con 47 min de recorrido total y sólo 3 min de espera antes de abordar, la ciudad más eficiente es la policéntrica con metro y BRT, además presenta los niveles más bajos de ocupación del sistema (61%) (ver Tabla 25).

Como se observa en la Tabla 25, para este horario, los mayores niveles de ocupación de la RT también se presentan en las ciudades que sólo tienen BRT, independientemente de la estructura. En la ciudad monocéntrica con BRT los niveles de ocupación son de 121%; por lo cual el tiempo de espera antes de abordar es de 10 min o 5 vehículos. Sin embargo, la ciudad con el tiempo de traslado más alto en HMDV es la policéntrica con sólo BRT.

Para la HV el tiempo promedio de recorrido es de 64 min y los patrones observados en las HMD se repiten: la ciudad monocéntrica con BRT presenta el mayor nivel de saturación del sistema con 170%, como consecuencia también tiene los tiempos más altos antes de abordar (13 min). La ciudad policéntrica con solo BRT también rebasa la capacidad de la red de transporte con 123% de ocupación. La ciudad policéntrica con metro-BRT presenta los tiempos promedio de recorrido más bajo, aunque el tiempo de espera antes de abordar aumenta 3 min respecto las HMD. (ver Tabla 24)

*Tabla 24 Tiempos de recorrido de las ciudades medianas*

Tipo de ciudad	Horario	T (min) a bordo	T (min) antes de abordar	T (min) total	T (min) Promedio
Monocéntrica, BRT	HMDM	60	13	73	61
Monocéntrica, BRT-metro		42	9	51	
Policéntrica, BRT		66	8	74	
Policéntrica, BRT-metro		42	3	45	
Monocéntrica, BRT	HMDV	61	10	72	62
Monocéntrica, BRT-metro		44	8	52	
Policéntrica, BRT		71	4	76	
Policéntrica, BRT-metro		43	3	47	
Monocéntrica, BRT	HV	63	13	76	64
Monocéntrica, BRT-metro		46	8	54	
Policéntrica, BRT,		70	6	76	
Policéntrica, BRT-metro		45	6	51	

Fuente: elaboración propia

*Tabla 25 Niveles de ocupación de la RT en ciudades medianas*

Tipo de ciudad	Horario	Capacidad RT	Pasajeros dentro	Pasajeros a bordo	% Ocupación de la RT	% Pasajeros a bordo
Monocéntrica, BRT	HMDM	100,080	130,274	60,348	130%	46%
Monocéntrica, BRT-metro		117,900	97,788	47,115	83%	48%
Policéntrica, BRT		146,390	135,823	72,329	93%	53%
Policéntrica, BRT-metro		165,900	101,841	61,058	61%	60%
Monocéntrica, BRT	HMDV	100,080	121,535	67,391	121%	55%
Monocéntrica, BRT-metro		117,900	92,810	47,583	79%	51%
Policéntrica, BRT		146,390	131,030	77,895	90%	59%
Policéntrica, BRT-metro		165,900	101,374	64,709	61%	64%
Monocéntrica, BRT	HV	42,240	71,860	31,138	170%	43%

Monocéntrica, BRT-metro		58,020	56,869	23,700	98%	42%
Policéntrica, BRT,		60,960	75,074	37,111	123%	49%
Policéntrica, BRT-metro		78,420	59,721	32,688	76%	55%

Fuente: elaboración propia

### 3.5.3 Ciudades grandes

Como se observa en la Tabla 26, el tiempo promedio de recorrido en HMDM para las ciudades grandes, es de 94 min. Para las ciudades con solo BRT sin importar su tipo de estructura el tiempo de recorrido alcanza más 120 min, las ciudades donde la red de transporte está conformada por metro y BRT los tiempos promedio se reducen a menos de la mitad de tiempo, con 57 min para la ciudad monocéntrica y a 72 min para la policéntrica.

Respecto a los niveles de ocupación, como lo muestra la Tabla 27, en todos los horarios de simulación las ciudades grandes donde la RT cuenta con solo BRT, tienen un nivel de ocupación superior al 100% y por lo tanto los tiempos de espera antes de abordar el primer vehículo son mayores para estas ciudades. En la HMDM, la ciudad monocéntrica con metro y BRT el tiempo de espera es de 10 min, lo cual equivale a 5 vehículos, en tanto que para la ciudad monocéntrica con solo BRT, el tiempo de espera se duplica, pues los pasajeros esperan, en promedio, 23 min, lo que equivale a 11.5 autobuses antes de poder abordar.

También se puede observar que las ciudades donde la red de transporte está conformada por metro y BRT, para todos los horarios de simulación y ambos tipos de estructura urbana, el porcentaje de personas a bordo de un vehículo, respecto de las que encuentran dentro del sistema, es mayor al 70%, por lo tanto, el uso de los recursos de la RT es más eficiente que en el caso de las ciudades grandes que solo tienen BRT.

Es importante señalar que los tiempos de recorrido tan altos, observados en las ciudades grandes sólo con BRT ocasionan que los pasajeros permanezcan más tiempo dentro de la RT, por lo cual en números absolutos la cantidad de personas dentro de RT y, en la mayoría de los casos, también a bordo de un vehículo, es mayor para estas ciudades que las que cuentan con metro y BRT.

Para la HMDV el tiempo promedio de recorrido es de 95 min, sin embargo, se observa el mismo patrón de comportamiento que en la HMDM. La ciudad monocéntrica con metro y BRT, con 52 minutos a bordo más 6 min de espera, presenta el menor tiempo de recorrido; adicionalmente el nivel de ocupación de la RT de esta ciudad es de sólo 58% de su capacidad y 75% de los pasajeros dentro del sistema se encuentran a bordo de un vehículo. Mientras que en las ciudades con solo BRT, tanto monocéntrica como policéntrica, el tiempo total de recorrido es mayor a 2 hrs y se observa saturación en la RT pues ambas tienen un nivel ocupación mayor al 100%, es decir el número de personas a bordo de un vehículo en conjunto con las que se encuentran esperando para abordar, superan la capacidad de la RT (ver Tabla 26 y Tabla 27).

Los resultados descritos en HMD se repite para la HV. Las ciudades con metro y BRT presentan tiempos de recorrido considerablemente menores, respecto de las que cuentan con solo BRT. También se observa saturación de la RT en las ciudades donde sólo tienen BRT.

*Tabla 26 Tiempos de recorrido de las ciudades grandes*

Tipo de ciudad	Horario	T (min) a bordo	T (min) antes de abordar	T (min) total	T (min) Promedio
Monocéntrica, BRT	HMDM	99	23	123	94
Monocéntrica, BRT-metro		48	10	57	
Policéntrica, BRT		115	11	126	
Policéntrica, BRT-metro		60	11	72	
Monocéntrica, BRT	HMDV	108	16	124	95
Monocéntrica, BRT-metro		52	6	58	
Policéntrica, BRT		111	11	122	
Policéntrica, BRT-metro		69	7	77	
Monocéntrica, BRT	HV	110	14	124	96
Monocéntrica, BRT-metro		54	7	61	
Policéntrica, BRT,		111	12	123	
Policéntrica, BRT-metro		67	7	74	

Fuente: elaboración propia

*Tabla 27 Niveles de ocupación de la RT en ciudades grandes*

Tipo de ciudad	Horario	Capacidad RT	Pasajeros dentro	Pasajeros a bordo	% Ocupación de la RT	% Pasajeros a bordo
Monocéntrica, BRT	HMDM	227,510	246,745	132,635	108%	54%

Monocéntrica, BRT-metro		286,620	173,190	125,220	60%	72%
Policéntrica, BRT		223,190	252,136	135,421	113%	54%
Policéntrica, BRT-metro		278,280	201,425	142,700	72%	71%
Monocéntrica, BRT	HMDV	227,510	236,606	144,244	104%	61%
Monocéntrica, BRT-metro		286,620	167,225	125,764	58%	75%
Policéntrica, BRT		223,190	240,803	139,046	108%	58%
Policéntrica, BRT-metro		278,280	195,485	136,016	70%	70%
Monocéntrica, BRT	HV	95,510	99,525	63,030	104%	63%
Monocéntrica, BRT-metro		143,280	72,193	55,069	50%	76%
Policéntrica, BRT,		93,830	101,100	60,274	108%	60%
Policéntrica, BRT-metro		137,460	82,463	61,163	60%	74%

Fuente: elaboración propia

## Conclusiones

Los problemas públicos no existen per se. La construcción de una política pública requiere de la definición causal del problema que se quiere atender y la elaboración de soluciones factibles para resolverlo (Merino, 2011; Majone, 1997). El modelo de *mejores prácticas*, ampliamente promovido y utilizado en las ciudades latinoamericanas en la gestión de políticas de transporte, principalmente durante el siglo XXI, anula este principio. La propuesta de soluciones únicas para múltiples problemas, con base en experiencias de éxito, no permite establecer relaciones de causalidad entre las características urbanas, los problemas y la factibilidad de las soluciones expuestas.

De acuerdo con los resultados observados en esta investigación, a través del análisis conjunto de variables como el tamaño poblacional, la densidad demográfica, la estructura urbana y la red vial es posible observar cómo la configuración urbana favorece el uso de los distintos modos de transporte y conocer en qué entornos o conjunción de características urbanas favorece el uso de los distintos tipos de transporte público, particularmente en la comparación entre sistemas de capacidad semimasiva y masiva.

Las políticas de transporte promovidas a través del modelo de *mejores prácticas* pueden ayudar a mejorar la calidad de la movilidad cotidiana en algunas ciudades, pero más allá de la experiencia de éxito y los argumentos de factibilidad financiera que han sido determinantes para la expansión de sistemas como los BRT, es necesario incorporar elementos de análisis que permitan entender el contexto y las características urbanas que influyen en las pautas y necesidades de movilidad de cada ciudad. El análisis también evidencia que los sistemas BRT no constituyen el tipo de transporte más adecuado para todas las ciudades donde actualmente opera.

La viabilidad financiera ha sido un argumento determinante para favorecer la implementación de BRT's, asumiendo que estos sistemas son capaces de sustituir sistemas de capacidad masiva -como el metro y los trenes urbanos- a una fracción del costo y tiempo de implementación. A la luz de los hallazgos de esta investigación, es posible concluir que los sistemas de capacidad media no son sustitutos. De acuerdo con los tiempos de traslado y el nivel de saturación observado en las redes de transporte, dentro del modelo de simulación, en las

ciudades grandes los BRT no deberían ser empleados como sustitutos de los sistemas de capacidad masiva, sino que deberían incorporarse a la red de transporte en corredores de transporte que operen como rutas alimentadoras o complementarias a los sistemas tipo metro o tren.

Por otra parte, los análisis costo beneficio (ACB) permiten clasificar alternativas en términos de eficiencia clásica, sin embargo, desde la perspectiva de políticas públicas no debería ser un criterio de decisión, porque regularmente existen objetivos diversos al momento de atender o resolver un problema social. Al priorizar un enfoque de ACB en la solución de problemas con múltiples objetivos, se corre el riesgo de que la “solución” origine o agudice problemas de movilidad asociados al transporte público. Tal como ha sucedido en ciudades como Santiago de Chile y Bogotá, Colombia, a raíz de la implementación de sistemas tipo BRT.

Además, de acuerdo con estudios recientes (Rosas Gutiérrez & Chías Becerril, 2020), debido a los altos costos de mantenimiento y operación no existe evidencia concluyente de que el largo plazo los sistemas BRT realmente ofrezcan ventajas económicas frente a los sistemas de capacidad masiva. Otros autores (Miralles Guasch y Cebollada, 2003) consideran que además del costo de operación e inversión en infraestructuras, existen costos asociados al transporte, que regularmente se omiten, pero deben ser considerados en los análisis costos beneficio, tales como los costos ambientales, que se traducen en externalidades asumidas por el conjunto de la sociedad y para estimarlos deben considerarse variables como el consumo de energía, las emisiones contaminantes, la contaminación acústica, la ocupación del suelo que produce expulsión de otros usuarios y accidentes de tránsito por tipo de transporte, entre otros.

Aunque el análisis comparativo de costos entre sistemas de transporte excede los alcances de este estudio, el modelo de simulación que desarrollé constituye una herramienta de análisis que puede ser empleada para realizar análisis de tipo costo-beneficio. También se puede emplear para estudiar distintas redes de transporte en ciudades reales, estimar costos y tiempos de trayecto de puerta a puerta, entre muchos otros usos posibles.

## Bibliografía

- Adelt, F., Weyer, J., Hoffmann, S., & Ihrig, A. (2018). Simulation of the governance of complex systems (SimCo): Basic concepts and experiments on urban transportation. *JASSS*, 21(2). <https://doi.org/10.18564/jasss.3654>
- Aguilar, Adrián Guillermo & Alvarado, Concepción (2004). La reestructuración del espacio urbano de la ciudad de México. ¿Hacia una metrópoli multimodal?, en Adrián Guillermo Aguilar (Coord.). *Procesos metropolitanos y grandes ciudades: Dinámicas recientes en México y otros países*. México, Cámara de diputados/Universidad Nacional Autónoma de México/ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/ Porrúa, pp. 309-327
- Akitoby, B, Hemming, R & Schwartz, G, (2007). *Inversión pública y asociaciones público-privadas*. Washington D.C: International Monetary Fund.
- Alegre Escorza, M. (2016). Transporte urbano: ¿Cómo resolver la movilidad en Lima y Callao? Lima, Perú. *Consortio de Investigación Económica y Social*.
- Álvarez de la Torre, G. B. (2017). Morfología y estructura urbana en las ciudades medias mexicanas. *Región y Sociedad*. 68 (XXIX), 154–191.
- Arango Miranda, Azucena (2010). *La periferia conurbada de la ciudad de México: Movilidad cotidiana y manejo de tiempo de la población en unidades habitacionales de Ixtapaluca*. Tesis de doctorado en Geografía, Alemania, Facultad de Matemáticas y Ciencias Naturales II, Universidad Humboldt de Berlín.
- Ardila Pinto, A. M., & Villamizar-Duarte, N. (2018). Ciudad(anía) en movimiento: construcción social de instrumentos de políticas de movilidad en Bogotá y Belo Horizonte 1995-2015. *Universitas Humanística*, 85(85). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.uh85.cmcs>
- Avellaneda, Paul & Lazo, Alejandra (2011). Aproximación a la movilidad cotidiana en la periferia pobre de dos ciudades latinoamericanas. Los casos de Lima y Santiago de Chile. *Revista Transporte y Territorio*, No 4, 47-58.

- Avellaneda, Paul (2008). Movilidad cotidiana, pobreza y exclusión social en la ciudad de Lima. *Anales de geografía*, vol. 28, núm. 2, 9-35.
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Banister, D. (2011). The trilogy of distance, speed and time. *Journal of Transport Geography*. 19(4), 950–959. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.12.004>
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2016). *Evaluación de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles del BID*. New York.
- BRT + Centre of Excellence y EMBARQ. “Global BRTData” Versión 3.58, march 23, 2021 <http://www.brtdata.org>
- CAF (2011). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. Caracas. Banco de desarrollo de América Latina CAF. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/419>
- Calderón, F & Castells M (2019). *La nueva América Latina*. Fondo de Cultura Económica. Chile.
- Capel, Horacio. (2002). *La morfología de las ciudades*. Barcelona. Ediciones del Serbal.
- Castells, Manuel (2017), primera edición (1974). La Cuestión urbana. *Siglo XXI*. Ciudad de México.
- Couturiel, Muriel & Islas, Víctor (1995). Transporte y movilidad en la región de Chalco. *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 10, núm. 1 (28), pp. 67-104.
- CTS EMBARQ México (2015). *Guía técnica de selección de vehículos para transporte público*. México.
- Delgado, Javier & Suárez Manuel (2007). Estructura y eficiencia urbanas. Accesibilidad a empleos, localización residencial e ingreso en la ZMCM 1990-2000. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 023, 693-724.

- Duarte, F., & Rojas, F. (2012). Intermodal Connectivity to BRT: A Comparative Analysis of Bogotá and Curitiba. *Journal of Public Transportation*, 15(2), 1–18. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.15.2.1>
- Duhau, Emilio (1991). Gestión de los servicios urbanos en México: alternativas y tendencias, en Schteingart, Martha. *Servicios urbanos, gestión local y medio ambiente*. El Colegio de México, pp 88-108.
- Duhau, Emilio (1998). *Habitad popular y política urbana*. Miguel Ángel Porrúa y Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Dupuy, Gabriel (1991). L'urbanisme des réseaux, théories et méthodes. Paris: Armand Colin, Edición en castellano: *El urbanismo de las redes. Teorías y métodos*. Barcelona: Oikos-Tau, 1998.
- Dussauge Laguna, M. I. (2012). La transferencia de políticas como fuente de innovación gubernamental: promesas y riesgos. *Estado, Gobierno, Gestión Pública, Revista Chilena de Administración Pública*, No 19, 51–79.
- Eibenschutz, Roberto & Goya Carlos, Coord. 2009. *Estudio de la integración urbana y social en la expansión reciente de las ciudades en México 1996-2006*. México: Secretaría de Desarrollo Social y Universidad Autónoma Metropolitana. Coeditado con la H. Cámara de Diputados LX Legislatura.
- Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México (EOD) 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- Figuroa, Oscar (2005). Transporte urbano y globalización. Políticas y efectos en América Latina. *Revista eure*, vol. XXX, núm. 94, 41-53.
- Filipe, L. N., & Macário, R. (2013). A first glimpse on policy packaging for implementation of BRT projects. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 150–157.

- Ford, L. R. (1996). A new and improved model of Latin American city structure. *The Geographical Review*, 86 (3), 437–440. <https://doi.org/10.2307/215506>
- Fuentes Flores, C. M. (2008). La estructura urbana y las diferencias espaciales en el tiempo de traslado del viaje al trabajo en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 23(1), 55–81.
- Garret, Mark & Taylor, B. (1999). Reconsidering social equity in public Transit. *Berkeley Planning Journal*, 13 (1), 6–27.
- Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Glaeser, E. L., & Kahn, M. E. (2004). Sprawl and Urban Growth. *Handbook of Regional and Urban Economics*, 4(56), 2482–2527. <https://doi.org/10.2139/ssrn.405962>
- Gómez Cárdenas, W. C. (2013). Policy transfer en los sistemas de transporte urbano: el proceso de adaptación del Masivo Integrado de Occidente (MIO). *Ciencia Política*, 8(15), 36–66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4781390&info=resumen&idioma=SPA>
- Google Earth Pro, (s.f) (2021).
- Graizbord, B. & Santillán, M. (2005). Dinámica demográfica y generación de viajes al trabajo en el AMCM: 1994-2000. *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 20, núm. 1 (58), 71-101.
- Graizbord, B. (2007). Megaciudades, globalización y viabilidad urbana. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 63, 125–140.
- Graizbord, Boris y Acuña, Beatriz (2004). La estructura polinuclear del Área Metropolitana de la Ciudad de México, en Adrián Guillermo Aguilar (Coord.). *Procesos metropolitanos y grandes ciudades: Dinámicas recientes en México y otros países*. México. Cámara de

diputados/Universidad Nacional Autónoma de México/ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/ Porrúa. 309-327.

Grange, L. de (2010). El gran impacto del Metro. *Revista EURE (Santiago)*, vol.36, no 107, 125-131. [http:// dx.doi.org/10.4067/S0250-71612010000100007](http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612010000100007)

Grimm, V., Berger, U., Bastiansen, F., Eliassen, S., Ginot, V., Giske, J., Goss-Custard, J., Grand, T., Heinz, S. K., Huse, G. et al. (2006). A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological Modelling*, 198(1), 115–126. <https://doi.org:10.1016/j.ecolmodel.2006.04.023>

Grimm, V., Berger, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J. & Railsback, S. F. (2010). The ODD protocol: A review and first update. *Ecological Modelling*, 221(23), 2760–2768. <https://doi.org:10.1016/j.ecolmodel.2010.08.019>

Gutiérrez, A. (2013). ¿Qué es la movilidad? Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte. *Bitácora Urbano Territorial*, 21 (2), 61–74.

Harris, C. D. & Ullman, E. L. (1945). The nature of cities. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Sciences*. 242(1), 7-17. [doi:10.1177/000271624524200103](https://doi.org:10.1177/000271624524200103)

Hoyt (1939). The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities. Washington, DC: Federal Housing Administration. *Progress in Human Geography*. 29(3), 321-325. [doi:10.1191/0309132505ph552xx](https://doi.org:10.1191/0309132505ph552xx)

IMCO (2019), Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. *Índice de movilidad urbana. Barrios mejor conectados para ciudades más equitativas*.

Inostroza, L., Baur, R., & Csaplovics, E. (2013). Urban sprawl and fragmentation in Latin America: A dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *Journal of Environmental Management*, 115, 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.007>

- Islas Rivera, Víctor (2000). *Llegando tarde al compromiso: La crisis del transporte en la ciudad de México*. México. El Colegio de México.
- Jaramillo, Samuel (2009). *Hacia una teoría de la renta del suelo urbano*. Bogotá, Universidad de los Andes, Facultad de Economía.
- Kaufmann, V. (2009). Mobility: trajectory of a concept in the social sciences. In T. Mom, G, Gordon, P (Ed.). *Mobility in history. The state of the art in the history of transport, traffic and mobility*, pp. 41–60, Editions Alphil.
- Leal, Mónica & Bertini, Robert (2003). *Bus rapid transit: an alternative for developing countries*. Institute of Transportation Engineers, Washington.
- Lezama, José Luis (2010). *Teoría social, espacio y ciudad*. El Colegio de México, México.
- Lizárraga, Carmen (2006). Movilidad urbana sostenible: Un reto para las ciudades del siglo XXI. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 22, pp. 283-321.
- López Moreno, E., Halfani, M., & Jensen, I. (2013). *Planning and Design for Sustainable Urban Mobility*. Global Report on Human Settlements 2013. (U. N. H. S. Programme, Ed.). New York: UN HABITAT.
- Majone, Giandomenico (1997). *Evidencia, argumentación y persuasión en la formulación de políticas*. México: Fondo de Cultura Económica- Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública.
- Merino, Mauricio (2011). Sobre la Evaluación de Políticas Públicas, en Salcedo, Roberto. *Evaluación de Políticas Públicas*. Biblioteca Básica de Administración Pública. México: EAPDF-Siglo XXI Editores, 169-184.
- Merino, Mauricio (2013). *Políticas públicas. Ensayo sobre la intervención del Estado en la solución de problemas públicos*. México. CIDE.

- Meurs, H., & Haaijer, R. (2001). Spatial structure and mobility, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6(6), 429–446. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(01\)00007-4](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(01)00007-4)
- Miralles-Guasch, C., & Cebollada, Á. (2003). *Movilidad y transporte. Opciones políticas para la ciudad*. Fundación Alternativas, N 25.
- Miralles-Guasch, Carmen (2002). *Ciudad y transporte: el binomio imperfecto*. Barcelona. Ariel.
- Molinero, A., & Sánchez, L. (2005). *Transporte público: planeación, diseño y operación y administración (1 reimpresión)*. Toluca, Estado de México: Universidad Nacional Autónoma del Estado de México.
- Montero, S. (2017). Worlding Bogotas Ciclovía: From Urban Experiment to International “Best Practice.” *Latin American Perspectives*, 44 No2(213), 111–131. <https://doi.org/10.1177/0094582X16668310>
- Montezuma, R. (2003). *Ciudad y transporte: La movilidad urbana*. In D. Balbo, Marcelo; Jordán, Ricardo & Simioni, Daniela (Ed.). Cuadernos de la CEPAL 88: La Ciudad Inclusiva. 175–191. Santiago de Chile: CEPAL.
- Negrete, María Eugenia (2008). Las avenidas Insurgentes y Ermita en el contexto de la movilidad urbana, en Salazar Clara Eugenia y Lezama José Luis (coords.). *Construir ciudad. Un análisis multidimensional para los corredores de transporte en la Ciudad de México*. El Colegio de México. pp. 293-351
- Nikitas, A., & Karlsson, M. (2015). A worldwide state-of-the-art analysis for Bus Rapid Transit: Looking for the success formula. *Journal of Public Transportation*, 18(1), 1–33.
- OCDE (OECD) (2012), *Redefining “urban”. A new way to measure metropolitan areas*. <https://doi.org/10.1787/9789264174108-4-en>

- Olcina Cantos, J. (2011). Megaciudades: Espacios de relación, contradicción, conflicto y riesgo, *Investigaciones Geográficas* (Esp), 54, 171–201.  
<https://doi.org/10.14198/INGEO2011.54.06>
- ONU (2018). United Nations, *World Urbanization Prospects The 2018 Revision Methodology*. Department of Economic and Social Affairs, P. D. New York.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*.  
<https://digitallibrary.un.org/record/139811?ln=es#record-files-collapse-header>
- ONU-HABITAT (20 de junio de 2020). *Hacer de la densidad una variable fundamental*.  
<https://onuhabitat.org.mx/index.php/hacer-de-la-densidad-una-variable-fundamental>
- Pardo, Carlos Felipe (2009). *Los cambios en los sistemas integrados de transporte masivo en las principales ciudades de América Latina*. Santiago de Chile, CEPAL
- Park, Robert E., Ernest Burgess & McKenzie, Roderick (1925). *The City*. University of Chicago Press.
- Portes, Alejandro & Roberts, Bryan (2005), The free market city: Latin American urbanization in the years of the neoliberalism experiment. *Studies in Comparative International Development*, Vol. 40, No. 1, pp 43-82.
- Porto de Oliveira, O, Osorio, C, Montero, S & Da Silva, C (2020). *Latin America and Policy Diffusion from import to export*. Routledge. New York
- Priemus, H., Nijkamp, P., & Banister, D. (2001). Mobility and spatial dynamics: An uneasy relationship. *Journal of Transport Geography*, 9(3), 167–171.  
[https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(01\)00007-2](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(01)00007-2)
- Puyana Herrera, Á., Gómez Rodríguez, L., & García Fonseca, M. F. (2017). ¿Por qué TransMilenio en Bogotá está en crisis? *Revista Ciudades, Estados y Política*, 4(3), 103–118.

- Ramírez, F. A. (2019). *Transmilenio en cifras. Estadística de oferta y demanda del Sistema Integrado de Transporte Público- SITP*. Transmilenio S.A., Alcaldía de Bogotá, Informe No. 57.
- Ramos, L. (2014). *Ciudades Humanas: La Movilidad Urbana de León*. Observatorio Ciudadano de León.
- Rincón-García, N., Navarro-Gómez, D. L., Alvarado Valencia, J. A., Aguirre-Mayorga, H. S., & Salazar-Arrieta, F. (2016). BRT and bus users quality expectations regarding metro design. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*, 39, 412–422. <https://doi.org/10.21311/001.39.4.51>
- Rosas Gutiérrez, J., & Chías Becerril, L. (2020). Los BRT ¿nuevo paradigma de la movilidad urbana mundial? *Investigaciones Geográficas*, 103, 1–14. <https://doi.org/10.14350/rig.60045>
- Salazar, Clara & Ibarra, Valentín (2006). Acceso desigual a la ciudad y movilidad, en Álvarez Lucia, *Democracia y Exclusión, caminos encontrados en la Ciudad de México*. UAM-Azcapotzalco, México.
- Satterhwaite, David (1998). ¿Ciudades sustentables o ciudades que contribuyen al desarrollo sustentable? *Estudios Demográficos y Desarrollo Urbano*, vol. 13, núm. 1 (37), pp. 5-47.
- Schjetnan, M., Peniche, M., & Calvillo, J. (2004). *Principios de diseño urbano-ambiental*. México DF, Editorial Pax México.
- Silva Ardila, D. (2020). Global policies for moving cities: the role of think tanks in the proliferation of Bus Rapid Transit systems in Latin America and worldwide. *Policy and Society*, 39(1), 70–90. <https://doi.org/10.1080/14494035.2019.1699636>
- Sorensen, E & j, Torfing (2009). Making governance networks effective and democratic through metagovernance. *Public Administration* 87, 234-258. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9299.2009.01753.x>

- Suzuki, H., Cervero, R., & Iuchi, K. (2013). *Transforming cities with transit. Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban development*. In Urban development series. Washington. The World Bank.
- Tiebout, C. M. (1956). A Pure Theory of Local Expenditures. *Journal of Political Economy*, 64(5), 416–424. <https://doi.org/10.1086/257839>
- Tsai, Y. (2005). Quantifying urban form: Compactness versus “sprawl”. *Urban Studies* 42(1), 141–161. doi:10.1080/0042098042000309748
- Tuzobus, Sistema Integrado de transporte Masivo de la Zona Metropolitana de Pachuca, (28 de abril 2021). *Preguntas frecuentes*. [http://p-tuzobus.hidalgo.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=235&Itemid=1555&lang=es](http://p-tuzobus.hidalgo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=235&Itemid=1555&lang=es).
- Unikel, Luis; Chiapetto, Crescencio & Garza, Gustavo (1976). *El desarrollo urbano en México: Diagnóstico e implicaciones futuras*. El Colegio de México.
- Urquhart, N., Powers, S., Wall, Z., Fonzone, A., Ge, J., & Polhill, G. (2019). Simulating the actions of commuters using a multi-agent system. *JASSS*, 22(2). <https://doi.org/10.18564/jasss.4007>
- Vaggione, P. (2014). *Planeamiento Urbano Para Autoridades Locales*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. ONU HABITAT.
- Verhetsel, A., & Vanellander, T. (2010). What location policy can bring to sustainable commuting: An empirical study in Brussels and Flanders, Belgium. *Journal of Transport Geography*, 18(6), 691–701. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.11.003>
- Vining, A. y Weimer, D. (2006). Efficiency and Cost-Benefit Analysis. (pp 417-432), en Peters, Guy & Pierre, Jon (eds.). *Handbook of Public Policy*. London: Sage.
- Whitelegg, John (1997). *Critical Mass. Transport, Environment and society in the twenty-first Century*. Chicago. Pluto Press

Wirth, Louis (1988). El urbanismo como modo de vida, en Mario Bassols et al., *Antología de sociología urbana*. UNAM, México. pp 162-182

Wright, L., & Hook, W. (2007). *Bus Rapid Transit planning guide*. ITDP.  
[www.itdp.org/index.php/microsite/brt\\_plannin](http://www.itdp.org/index.php/microsite/brt_plannin)

Zambrano, J. L., Calafate, C. T., Soler, D., Cano, J., & Manzoni, P. (2016). Simulación de Tráfico Vehicular en base a Trazas Reales. *Actas Jornadas Sarteco*, 673–679.